Lehrbuch

für den

Unterricht in der Botanik.

Nach methodischen Grundsätzen

in drei Kursen

für höhere Lehranstalten

bearbeitet

von

Dr. Hermann Zwick,

Stadtschulinspektor in Berlin.

III. Kursus.

3. Auflage.

Mit 40 Abbildungen.

Berlin 1891.

Nicolaische Verlags-Buchhandlung

R. Stricker.

Lehrbuch

für den

Unterricht in der Botanik.

Nach methodischen Grundsätzen

in drei Kursen

für höhere Lehranstalten

bearbeitet

von

Dr. Hermann Zwick,

Stadtschulinspektor in Berlin.

III. Kursus.

3. Auflage.

Mit 40 Abbildungen.

Berlin 1891.

Nicolaische Verlags-Buchhandlung

R. Stricker.

Inhalts-Verzeichnis.

*

Inhalts-Verzeichnis.

III. Kursus.

1. Pflanzentypen und deren Charakter.

Wie in der Zoologie, so bildete auch in der Botanik den Ausgangspunkt der Betrachtung die Art oder Spezies. In den verschiedenen Einzelpflanzen, die wir nach ihren Eigenschaften beschrieben, haben wir ebenso viele Pflanzenarten kennen gelernt.

Der Charakter einer Art ist die Summe der ihr allein zukommenden eigentümlichen Merkmale. Die einer Art zugehörigen Individuen sind in ihren wesentlichen Teilen gleich und zwar so organisiert, als stammten sie alle von einer und derselben Mutterpflanze ab; von dieser erbten sie alle Charaktermerkmale, etwa wie Kinder von ihren Eltern. Sie bringen auch bei ihrer Fortpflanzung durch Samen, Sporen, Brutknospen, Ableger &c. wieder Nachkommen hervor, die ihnen wesentlich gleich sind, d. h. alle die Charaktermerkmale besitzen, die sie von andern Arten unterscheiden. Hieraus folgt: Pflanzen gleicher Art sind unter einander am nächsten verwandt. Aber auch die Einzelpflanzen verschiedener Arten zeigen bei aller Abweichung ihres Körperbaues doch auch wieder größere oder geringere Ähnlichkeit einzelner oder mehrerer Organe, namentlich der für die Fortpflanzung bestimmten.

Die durch Vergleichung gewonnenen gemeinsamen Eigenschaften verschiedener Pflanzenarten geben den Charakter einer Gattung (vergl. I. Kurs.); die gemeinsamen Eigenschaften verschiedener Gattungen den Charakter der Familie u. s. w. Die Einordnung der Arten in Gattungen, dieser in Familien u. s. w. erfolgte also auf Grund verwandtschaftlicher Beziehungen. Daher waren wir berechtigt, die Pflanzen unter dieser Anordnung zu besprechen, und für den Anfänger ist es höchst lehrreich, diese Vergleichung von Arten, Gattungen, Familien selbst durchzuführen und die Charaktermerkmale aufzusuchen. Wir haben uns der Kürze halber begnügt, nur die Arten und die größeren Gruppen der Familien und Klassen zu charakterisieren und dadurch ihre Verwandtschaft darzuthun. Die einzelnen Kohlrapspflanzen bildeten eine Art, den Kohlraps (Brassica Napus); Kohlraps, Rübenraps, schwarzer Senf eine Gattung, Raps (Brassica), und die Gattungen: Raps (Brassica), Schaumkraut (Cardamine), Gänsekresse (Arabis), Senf (Sinapis), die in ihren Kreuzblüten unverkennbare Übereinstimmung zeigen, vereinigten

wir naturgemäß zu einer Familie, derjenigen der Kreuzblütler (Cruciferae). Wir fanden dann weiter, daß die Kreuzblütler noch hinsichtlich einzelner Merkmale der Blüte, des Samens, der Fortpflanzung, des allgemeinen Baues mit anderen Familien, z. B. den Doldenträgern, Lilien, Gräsern, Nadelhölzern, Farnen, Moosen, Pilzen, Algen übereinstimmen und waren berechtigt, sie mit ihnen beziehungsweise zu den Zweisamenlappern, den Samenpflanzen, den Pflanzen überhaupt zu rechnen.

Die durch Vergleichung erkannte mehr oder minder nahe Verwandtschaft verschiedener Pflanzenarten führte uns dazu, Übereinstimmendes zusammen zu legen, Abweichendes zu scheiden, die Pflanzen zu gruppieren. Bei solcher Gruppierung mußten notwendigerweise die höher organisierten Pflanzen sich trennen von den tiefer und am tiefsten stehenden, so daß wir eine Reihe erhielten, fortschreitend vom Vollkommnen zum weniger Vollkommnen.

Hierdurch gelangten wir zu einer Übersicht, zu einem natürlichen System, das wir der Betrachtung im II. Kursus zu Grunde legten. Das botanische System ist der Ausdruck der Gleichheiten konkreter Fälle einerseits, der Verschiedenheiten andererseits.

Es läßt sich einem Baume vergleichen, dessen sehr unregelmäßige Verzweigungen durch gleichartige Glieder zusammenhängen, dessen Äste und Zweige schließlich alle auf den gemeinsamen Stamm zurückgehen. Die äußersten, von einander am meisten abstehenden und abweichenden Zweigspitzen sind die Arten; sie stehen rückwärts mit einander in Verbindung durch aufeinanderstoßende, gemeinsame Linien, welche den Gattungs- und Familiencharakter darstellen; von den Vereinigungspunkten dieser wieder laufen die gemeinsamen Linien, welche die Verwandtschaft der Klasse ausdrücken und nach dem Stamme zurückleiten, der das allen gemeinsame Merkmal darstellt. Sind die Gattungen, Familien und Klassen einerseits durch bestimmte Charaktermerkmale von einander verschieden und abgegrenzt, so gleichen sie sich andererseits wieder durch gemeinsame Merkmale und hängen so unter einander zusammen.

Das System zeigt uns das ganze Pflanzenreich als ein durch verwandtschaftliche Bande verknüpftes Ganzes, eine Einheit, ein Naturreich. Die Verbindung der Gruppen ist um so inniger, als auch ihre letzten und äußersten, in ihren Eigenschaften am meisten abweichenden Glieder, die verschiedenen Pflanzenarten, durchaus keinen absolut scharf begrenzten, unabänderlichen Charakter haben, vielmehr die Arten im Kampfe ums Dasein, d. i. unter Einwirkung aller Lebensbedingungen, in zwar langsamen, aber doch stetigen Abänderungen begriffen und durch zahlreiche Zwischenstufen und Übergänge abgeänderter Pflanzenformen mit einander verbunden sind.

In Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte sind wir von den uns näherstehenden, hochausgebildeten Blütenpflanzen herabgestiegen zu entfernter liegenden, immer unvollkommeneren Gebilden, den Sporenpflanzen, bis wir auf der untersten Stufe, bei den nur aus einer Zelle bestehenden pflanzlichen Organismen ankamen, die nichtsdestoweniger doch noch den Charakter

der Pflanze zeigten, d. i. eines organisierten Wesens, das von innen heraus in eigentümlicher Weise sich aufbaut, ernährt und fortpflanzt, einen Entwickelungsprozeß durchmacht.

Vergleicht man freilich diese Pflanzenreihe mit derjenigen der Tiere, so zeigt sich keine so wohlmarkierte Abstufung der Gruppen vom höchsten zum niedrigsten. Zwar ist ein großer Unterschied der Organisation und Vollkommenheit vorhanden zwischen den höchsten Blütenpflanzen und den tiefstehenden Sporenpflanzen; zwar haben die Dikotyledonen einen etwas verwickelteren und vollkommeneren Bau als die Monokotyledonen, und unter den Dikotyledonen haben z. B. die Kompositen höhere Organisation als die Kätzchenträger. Aber die Unterschiede sind doch nicht so hervorstechend, wie z. B. zwischen Säugetieren, Vögeln, Reptilien, Fischen 2c., nicht so durchschlagend, daß sich eine der Tierreihe entsprechende Pflanzenreihe bilden ließe. Vielmehr stehen viele Pflanzenfamilien auf nahezu gleicher Stufe der Vollkommenheit, gleich den Ästen eines Baumes.

Da das System immerhin eine große Zahl Einzelheiten bringt, die schwierig zu behalten sind, selbst wenn man die Pflanzenarten kennt, da es andererseits wünschenswert ist, einen Überblick über das zum Verständnis unbedingt Notwendige zu erhalten, das, fest eingeprägt, uns ermöglicht, vom Allgemeinen wieder rückwärts zu den Einzelheiten zu schreiten, so wollen wir die Pflanzen noch einmal übersichtlich in eine Reihe ordnen, in welcher nur wenige Stufen uns von den einzelligen Pilzen und Algen zu den höchsten Blütenpflanzen führen. Für jede dieser Stufen behalten wir auch hier die Bezeichnung „Typus" bei. Indem wir die Charaktermerkmale weniger Typen von den unvollkommensten zu den vollkommensten angeben, also andeuten, in welchen Einzelheiten die zu einem Typus gehörigen Pflanzen übereinstimmen und sich hierdurch von allen andern unterscheiden, wird uns die Verwandtschaft der Pflanzengruppen unter einander klar werden und werden wir erkennen, wie auch ein Fortschritt in der Vollkommenheit der Organisation sich kundgiebt.

Bei solcher Charakterisierung tritt dann die Fortpflanzung besonders in den Vordergrund. Hiernach kennzeichnen wir folgende 7 Pflanzentypen:

Typus I. Pilze,
„ II. Algen,
„ III. Moose,
„ IV. Gefäßkryptogamen,
„ V. Nacktsamer,
„ VI. Einsamenlapper,
„ VII. Zweisamenlapper.

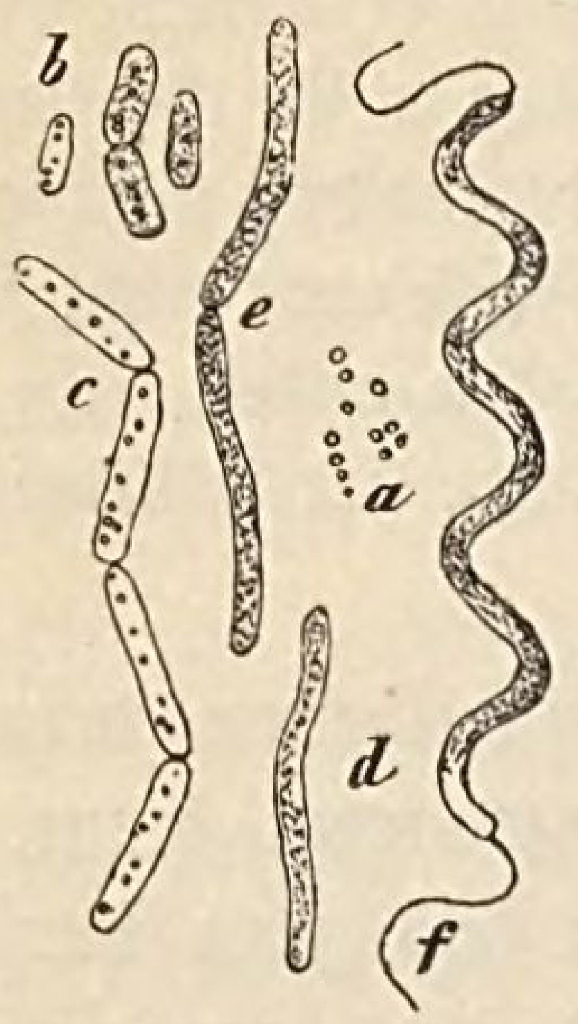
Typus I.

Pilze, Fungi.

Die Pilze gehören zu den am einfachsten gebauten pflanzlichen Organismen und unterscheiden sich von allen andern Pflanzen durch den Mangel an Blattgrün (Chlorophyll).

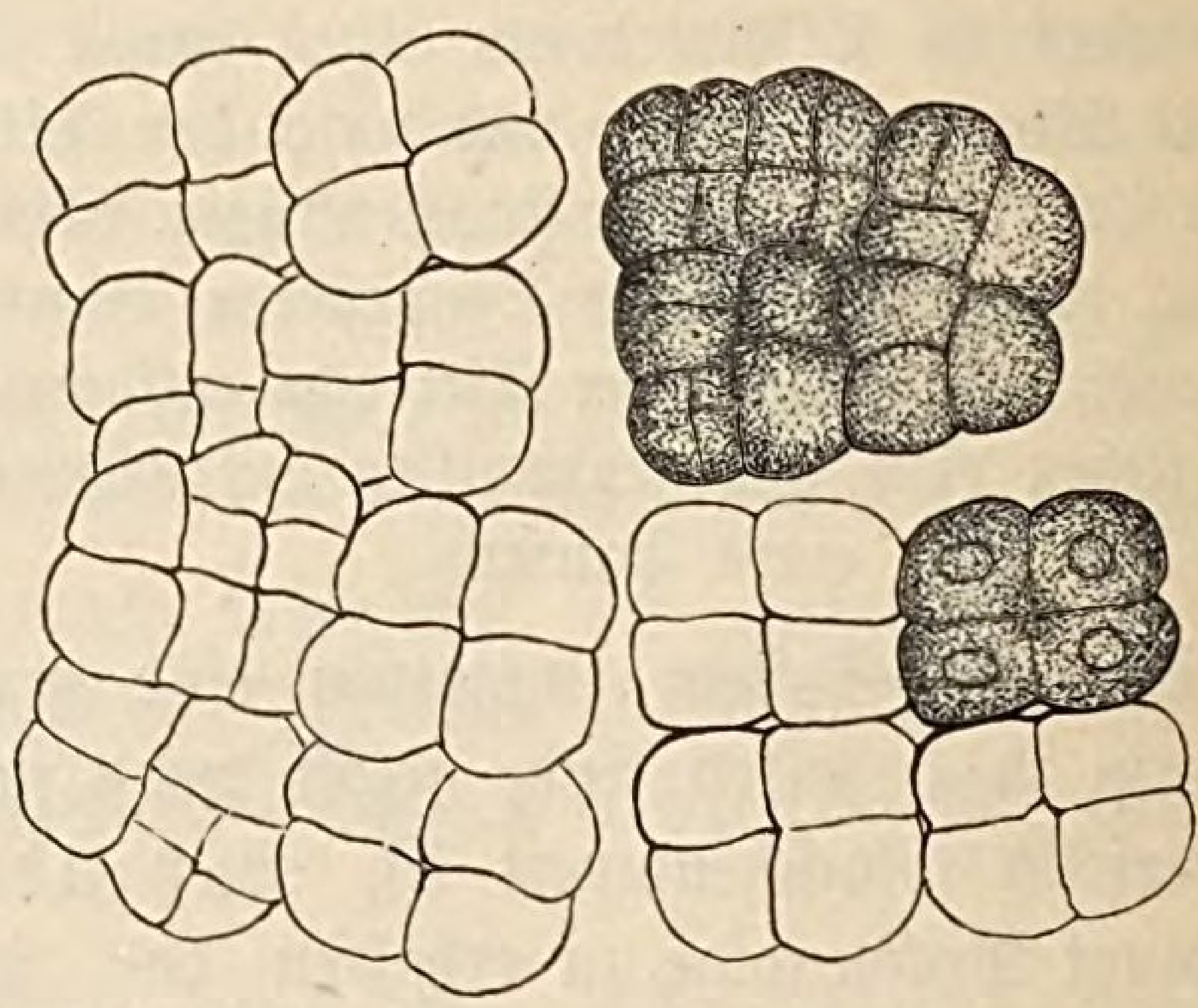
Die niedrigsten Formen derselben bestehen aus einem einzigen rundlichen, ei= oder schlauchartigen Bläschen, einem Gebilde, welches man Zelle nennt; andere Formen setzen sich aus Zellreihen zusammen, die ordnungslos durch einander gelagert sind; noch andere bestehen aus fest mit einander verbundenen Zellmassen oder Zellgeweben, welche der ganzen Pflanze eine bestimmte Gestalt verleihen.

Fig. 1.



Bacterien.
a Micrococcus prodigiosus, b Bacterium Lineola, einfach und geteilt, c Bacillus Ulna, Faden aus 4 Zellen, d e Vibrio Rugula, einfach und in Teilung, f Spirillum volutans (nach Cohn, 650fach vergrößert).

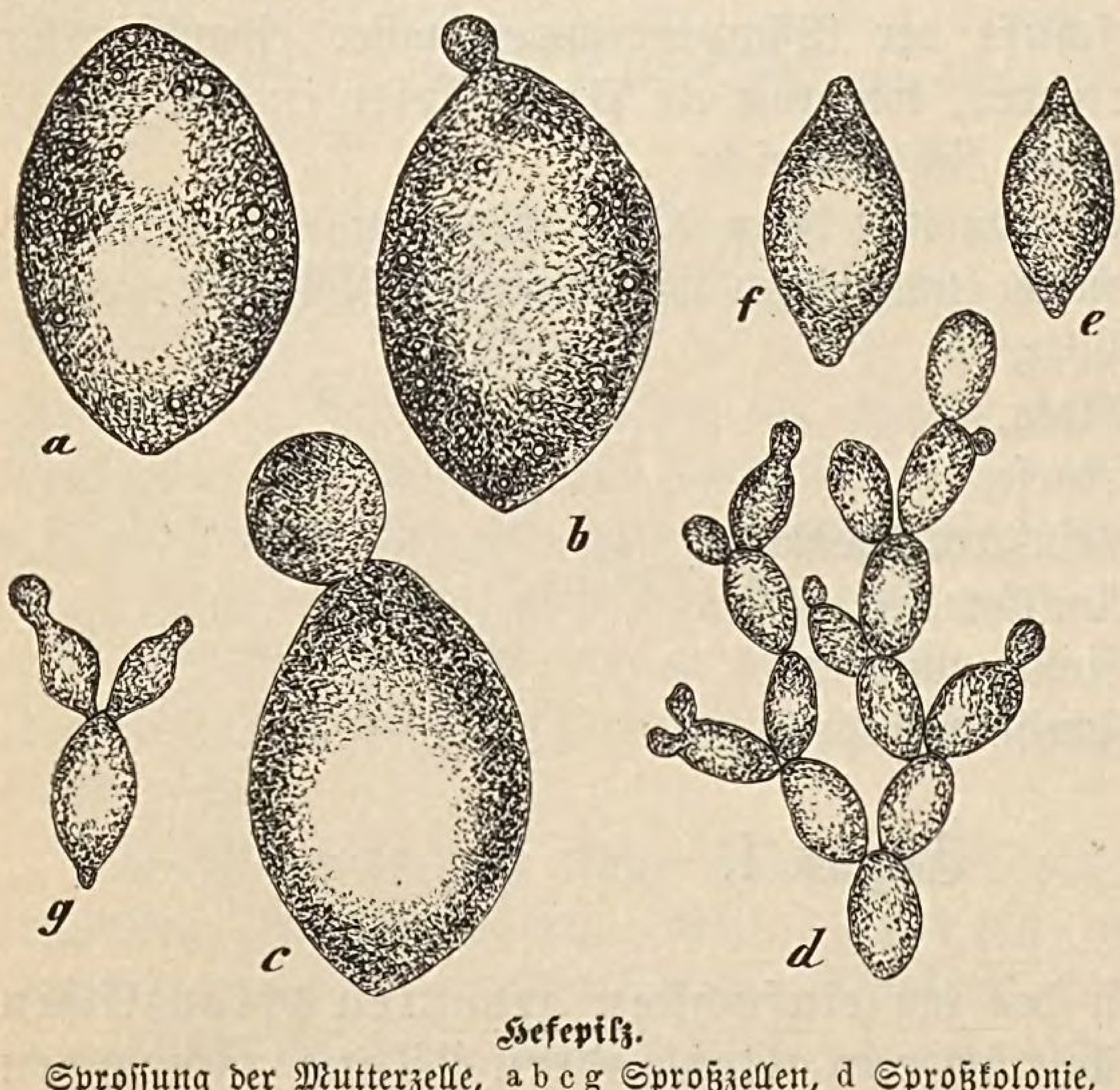
Fig. 2.



Bacterien.
Sarcina ventriculi Goodsir aus dem Mageninhalte eines Magenkrebskranken, 1150fach vergr.

Die Zellen selbst sind erfüllt von einer schleimigen, weich=festen Masse, (nach H. v. Mohl) Protoplasma oder Plasma genannt, was etwa so viel heißt als Bildungsstoff („Urbildungsstoff"). Diese Masse besteht aus einem Gemenge namentlich eiweißartiger Körper; sie ist bald durchsichtig, bald trübe und körnig. Als Ursubstanz der organischen Körper ist sie der Träger des Lebens, d. h. mit Kräften begabt, welche durch Ernährung (Wachstum) und Vermehrung (Fortpflanzung), ja unter Umständen durch eigenartige Bewegung sich äußern. Außen ist die Zelle umhüllt von einer Haut, der Zellhaut; in dem Bildungsstoff läßt sich häufig ein rundlicher Körper, der Zellkern, erkennen. Fig. 1, 2.

Fig. 3.



Hefepilz.
Sprossung der Mutterzelle, a b c g Sproßzellen, d Sproßkolonie, e f Brutzellen.

Da die Pilze niemals Blattgrün oder einen ähnlichen, zur Zerlegung der Kohlensäure geschickten Farbstoff in ihren Zellen besitzen, vermögen sie nicht zu assimilieren, d. h. unorganische Nahrung in organische überzuführen oder die Kohlensäure der Luft im Lichte zu zersetzen und Sauerstoff abzuscheiden. Sie sind vielmehr darauf angewiesen, ihre Nahrung, besonders den Kohlenstoff, in Form organischer Verbindungen von andern organischen Körpern zu entnehmen. Infolgedessen leben sie als Schmarotzer (Parasiten) auf Pflanzen und Tieren oder treten als Fäulnisbewohner (Saprophyten) auf Resten verfaulender organischer oder in Gärung begriffener, zuckerhaltiger Verbindungen auf, sich von organischen Zersetzungsprodukten nährend. Fig. 3.

Die höheren Formen (z. B. die Hutpilze) bestehen aus einem filzigen Gewebe von Zellfäden, Mycelium genannt, das an der Oberfläche oder im Innern des Nährbodens wächst und diesem die Nährstoffe entzieht. Es wuchert oft jahrelang, und erst dann erzeugt es eigentümliche Fortpflanzungsorgane, die Fruchtträger, die bei den gewöhnlichen Arten der Hutpilze häufig als der eigentliche Pilz angesehen werden.

Die Fortpflanzung erfolgt ungeschlechtlich, d. h. es löst sich von der Mutterpflanze ein Teil los und entwickelt sich ohne Mithilfe eines andern Organes zu einer neuen Pflanze. Diese sich ablösenden, einfachen Zellen oder mehrzelligen Körperchen sind die Sporen und Brutzellen. Sie entstehen entweder durch Teilung von Zellen oder durch Abschnürung von einem Sporenträger, der sich aus einem Pilzgewebe erhebt, oder durch Entlassung aus eigentümlichen Sporenbehältern (Sporenschläuchen, Sporangien), auf Sporenträgern (Basidien) sitzend, die sich aus einem meist häutigen Sporenlager (Hymenium) erheben.

Die Fortpflanzung erfolgt auch geschlechtlich oder sexuell, indem jedesmal zwei eigentümliche Organe (zwei Zellen) zusammenwirken, deren Inhalt verschmilzt und neue Individuen erzeugt. Oft lassen diese Zellen keinen Unterschied erkennen: man nennt den Vorgang der Vereinigung dann Paarung oder Konjugation und die daraus entstehende, keimfähige Zelle nach ihrer ersten Gestalt Jochspore oder Zygospore. In andern Fällen sind die beiden verschmelzenden Zellen in Größe, Gestalt und Inhalt auffallend verschieden; die eine derselben, die männliche Zelle, überträgt ein wenig ihrer Masse auf die andere, die weibliche Zelle. Die männliche Zelle ist beweglich und heißt Samenfaden (Spermatozoid); die weibliche bleibt ruhig an dem Orte ihrer Entstehung, sie heißt Eizelle (Oospore).

Bei manchen Pilzen (z. B. dem gemeinen Schimmel) sondert sich der ganze Entwickelungsprozeß in zwei scharf getrennte Abschnitte, nämlich:

1. den geschlechtlichen, wobei sich aus Sporen das Mycelium bildet (als welches z. B. der Schimmel gewöhnlich auftritt), und auf dessen Zweigen zahllose Brutzellen (Gonidien) wachsen, durch welche sich der Pilz immerfort vermehren kann, bis endlich die Geschlechtsorgane entstehen, womit der erste Abschnitt, die 1. Generation, abschließt;
2. den ungeschlechtlichen oder sporenbildenden, wobei infolge der Befruchtung Körper ganz anderer Art, kleine Trüffeln, sich entwickeln, die zuletzt in eigentümlich geformten, zahlreichen Schläuchen ungeschlechtliche Sporen hervorbringen und womit dieser Abschnitt, die 2. Generation, zu Ende geht.

Sät man die Sporen aus, so wiederholt sich derselbe Vorgang in obengenannter Weise, d. h. es tritt wieder der 1. und nachher der 2. Entwickelungsabschnitt ein, die 1. und 2. Generation wechseln also mit einander ab, es erfolgt ein Generationswechsel.

Die Zahl der Pilzarten ist eine ungeheuer große (über 6000 Arten sind bekannt), und sie verbreiten sich so weit, als das Leben der Pflanzen und Tiere auf der Erde reicht. Da sie des Lichtes zu ihrem Bestehen entbehren können, so erklärt sich ihr Auftreten im Innern anderer Organismen, in der Erde, in finstern Behältern 2c.

Die großen Hutpilze oder Schwämme entstehen im Frühjahr und Herbst zahlreich in feuchten Wäldern und sind durch ihr schnelles, aufschießendes Wachstum sprichwörtlich geworden. Sie sind teils eßbar (Champignon) und werden gezogen, teils giftig (Fliegenschwamm).

Nach der Art ihres Vorkommens unterscheidet man:

1. **Schmarotzer** oder **Parasiten**. Dieselben leben auf Pflanzen oder auf Tieren. Es giebt kaum eine Pflanzenfamilie, welche nicht dem Angriffe eines Schmarotzerpilzes ausgesetzt wäre. Den Kulturpflanzen werden gefährlich: Getreiderost oder Rostbrand, Puccinia graminis, der rostrote Flecke bildet, Getreide-Staubbrand, Ustilago carbo, Weizen-Steinbrand, Tilletia caries, Mutterkorn, Claviceps purpurea, Meltau, Erysiphe, Kartoffelpilz, Peronospora infestans, der Pilz der Traubenkrankheit, Oidium Tuckeri. Auf lebenden Tieren schmarotzen: der Pilz der Seidenraupenkrankheit, Botrytis Bassiana, Fliegenkrankheit, Empusa. Oidium albicans erzeugt die Mundschwämmchen der Kinder.

2. **Fäulnisbewohner oder Saprophyten:** Entwickeln sich überall, wo sie zu ihrer Ernährung notwendige, in Zersetzung begriffene oder zersetzungsfähige Überreste von Pflanzen oder Tieren oder von solchen abstammende Kunstprodukte vorfinden. Teils bewohnen sie den Erdboden, sich nährend von seinen organischen Bestandteilen, teils sind es Ansiedler auf Pflanzen- und Tierresten, auf organischen, sich zersetzenden Kunstprodukten. Hierher gehören: die Schimmelpilze, und zwar der grüne Schimmel (Mucor mucedo) und der braune Schimmel (Penicillium glaucum), die Ursache der Fäulnis vieler Nahrungsmittel (Früchte, Brot, Fleisch, Getränke). Gärungspilze (Hefepilz, Mycoderma vini und cerevisiae, Essigmutter, M. aceti) bringen die Gärungserscheinungen hervor, die Grundlage der Bereitung von Wein, Bier und Branntwein, Essig. Hausschwamm, Merculius lacrymans, zerstört das Holzwerk nasser Gebäude.

„Die Fäulnisbewohner haben für den Haushalt der Natur eine hohe, eigentümliche Bedeutung, insofern sie die Verwesung abgestorbener Tier- und Pflanzenkörper erregen und befördern, was durch sie weit rascher als durch die atmosphärischen Einflüsse geschieht. Während sie so die massenhafte und für andere Organismen nachteilige Anhäufung der toten organischen Substanz beseitigen, bringen sie zugleich die letztere in die zur Wiederverwendung für das Leben geeignetste Form, weil die organische Substanz dabei in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zerfällt."

Einige Ordnungen sind:

Schizomyceten: Vermehrung nur durch Zellteilung;

Zygomyceten: Mycelium schlauchförmig, ungeschlechtliche Vermehrung durch Sporen und Konjugation.

Peronosporeen: Mycelium schlauchförmig, Schwärmsporen, Befruchtung.

Ascomyceten: Mycelium aus Hyphen, Vermehrung ungeschlechtlich und durch in Schläuchen befindliche Sporen.

Basidiomyceten: Mycelium aus Hyphen, Sporen einerlei Art entstehen durch Abschnürung von Basidien.

Typus II.

Algen, Algae.

Die Algen bilden die 2., den Pilzen parallele Reihe der niedrigsten und einfachsten pflanzlichen Organismen. In vieler Beziehung, namentlich auch hinsichtlich der Fortpflanzung, den Pilzen ähnlich, unterscheiden sie sich wesentlich von ihnen durch ihren Gehalt an Blattgrün (Chlorophyll).

Die Algen leben nur im Wasser oder an feuchten Orten und erscheinen bald als schleimige, bald als flockige, faden- oder netzförmige Gebilde. Bei den Süßwasseralgen, die in stehenden und fließenden Gewässern am Grunde, an Steinen, an Holzwerk erscheinen, herrscht die grüne Farbe vor, auch gehören zu ihnen die kleinsten und einfachsten Formen. Die Meeresalgen (Salzwasseralgen), die auch Tange heißen, zeigen öfter eine braungrüne, braune, auch rosenrote Farbe, haben bedeutende Größe, erscheinen lederartig und ähneln zuweilen höheren Pflanzen in ihrem Aussehen.

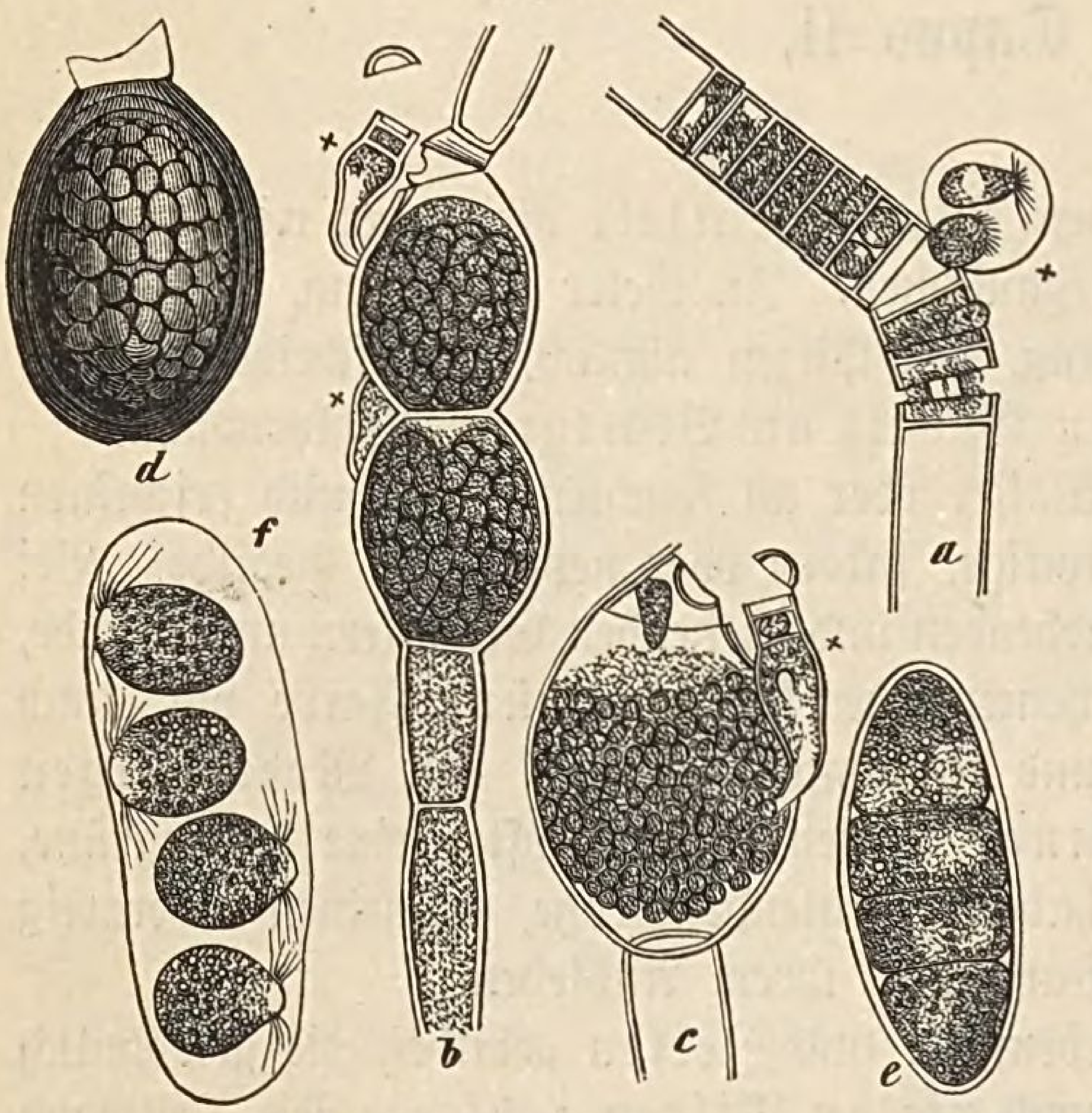
Der Körper der Algen ist ebenfalls aus Zellen gebildet, die gewöhnlich einen Zellenkern zeigen, der noch vielen Pilzen fehlte. Die Zellwand vieler Algenarten ist im Wasser höchst quellbar und schwillt auf. Die Formen der Algen sind sehr mannigfach. Neben den einzelligen Algen (Stückelalgen, Diatomaceae) kommen solche aus langen und vielverzweigten Zellreihen, ebenso aus großen Zellgewebsmassen gebildet vor. Manche, wie die Stückelalgen, enthalten in ihren Zellen große Massen Kieselerde, so daß ihre Gestalt eigentümlich krystallähnlich umgrenzt erscheint, andere, z. B. die Meerestange, hinterlassen beim Verbrennen große Mengen Asche. Da sie Blattgrün enthalten, sind sie befähigt zu assimilieren, die Kohlensäure im Lichte zu zerlegen unter Abscheidung von Sauerstoff.

Die Vermehrung der Algen erfolgt ungeschlechtlich und geschlechtlich. Ungeschlechtlich, indem einzelne Zellen oder Fadenstücke sich loslösen und selbständig werden, oder, was gewöhnlich ist, durch aus gewissen Zellen entlassene Sporen. Dieselben erscheinen als ganz eigentümliche Schwärmsporen (Zoosporen). Ähnlich den Infusionstierchen bewegen sie sich im Wasser durch zarte, fädliche Fortsätze (Wimpern oder Cilien), welche entweder überall oder an bestimmten Stellen der Spore sitzen, setzen sich nach einigen Stunden fest, umgeben sich mit einer Zellhaut und entwickeln sich durch Wachstum und erneute Teilung. Die geschlechtliche Vermehrung geschieht durch Konjugation wie bei den Pilzen oder durch zweierlei Geschlechts-

organe, die in besonderen Behältern, den Antheridien und Oogonien liegen. Die Antheridien enthalten die männlichen Organe, die Samenfäden (Spermatozoiden), welche mit Wimpern (Cilien) versehen und beweglich sind; die Oogonien enthalten die Eizellen; beide werden zur Zeit der Reife entlassen, die Spermatozoiden sammeln sich zahlreich um die Eizellen, dringen ein und befruchten sie. Die so entstandenen Oosporen setzen sich fest, bilden nach und nach den Gewebekörper und die selbständige Pflanze. Fig. 4.

Die Verbreitung der Algen ist eine außerordentlich große. Überall im Süßwasser und Meerwasser lebend, treten gewisse Arten dort noch auf, wo alles sonstige organische Leben erlischt. Im hohen Norden und auf alpinen Gebirgen finden sich rote Schneealgen, die den Schneemassen zuweilen rote Färbung erteilen. Die großen Meeresalgen, von meist schleimig-lederartiger Substanz, bilden in den Weltmeeren untergetauchte Wälder und Gebüsche.

Fig. 4.



Wasserfaden, Oedogonium.
a Faden mit bei × austretenden Samenfäden, b Faden mit Oogonien und Zwergmännchen bei ×, c Oogonium mit Zwergmännchen × im Augenblick der Befruchtung, d reife Oospore im Oogonium, e f Schwärmsporenbildung aus der Oospore.

Der Beerentang (Sargassum natans) bildet im Mittelraume des Atlantischen Oceans, westlich von den Azoren, zwischen dem 18—32° n. Br. eine Tangwiese, 6—7 mal so groß als ganz Deutschland (gegen 60,000 □ Meilen). Der Saum des Festlandes und der Inseln nördlicher und südlicher Meere ist umgeben von riesigen Tangen (Blasentang), welche als unterseeisches Waldgebiet ein eigenes Tierleben beherbergen. Zahllose Fischarten, welche sonst nirgend Nahrung noch Schutz fänden, leben in diesen Tangwäldern und Wiesen; mit ihrem Untergange würden die fischenden Vögel (Cormorane, Taucher 2c.), die Seehunde, Delphine und eine große Zahl anderer Meertiere unfehlbar umkommen.

Die Algen gehören zu den ältesten Pflanzenformen der Erde. Dies ergiebt sich daraus, daß ihre versteinerten Reste (neben denen niederer Tiere) sich in den nachweislich ältesten Gebirgsschichten vorfinden, weswegen man die Urzeit der Erde auch das Zeitalter der Tangwälder nennt.

Die der Fäulnis widerstehenden Kieselerdepanzer der Diatomeen bilden die mächtigen Lager fast reiner Kieselerde am Südrande der Lüneburger Heide, ebenso die etwa 30 m mächtige, schwarze Thonmasse, welche den Untergrund Berlins (ungefähr 4—5 m unter dem Sande) zu $^2/_3$ zusammensetzt.

Einige Ordnungen sind:

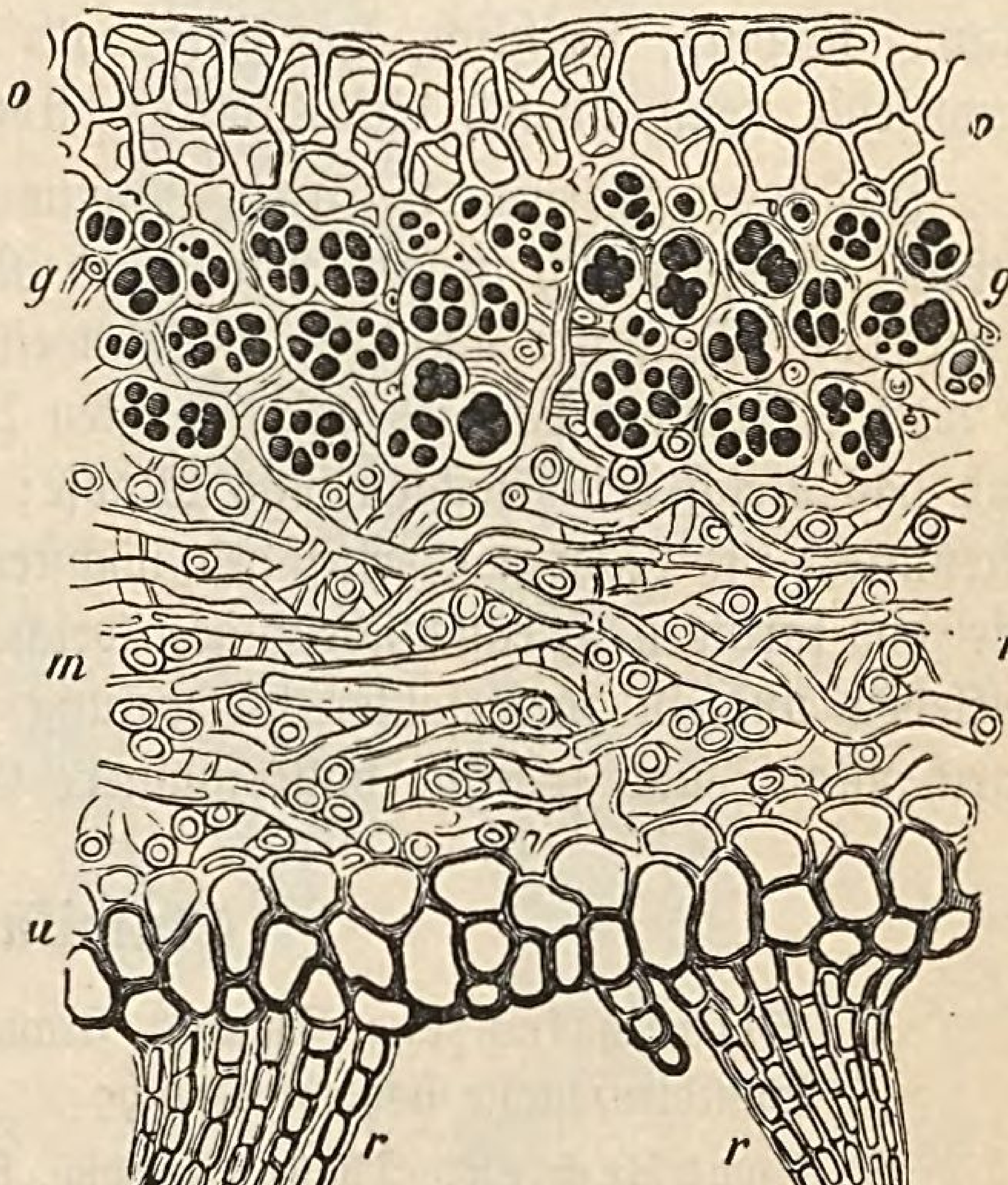
1. **Blaugrüne Algen**: Geschlechtliche Fortpflanzung unbekannt;
2. **Konjugaten**: Geschlechtliche Fortpflanzung durch Konjugation, keine Schwärmzellen;
3. **Zoosporeen**: Geschlechtliche Fortpflanzung durch Konjugation von Schwärmzellen;
4. **Oedogonieen**: Thallus ein aus Zellreihen gebildetes Gewebe; Oosporen ohne besondere Hülle;
5. **Florideen**: rote Algen; Thallus ein Gewebe; weibliche Organe haben besondere Form; durch Befruchtung werden Sporen gebildet;
6. **Characeen**: Thallus ein Gewebe; Oospore mit Hülle.

Flechten, Lichenes.

Während man früher die Flechten für selbständige Pflanzen hielt, haben die neueren Untersuchungen (Schwendener's) dargethan, daß sie echte Pilze, und zwar Schlauchpilze sind, welche parasitisch auf bestimmten Algenformen vorkommen. Während diese flechtenbildenden Pilze nicht anders als parasitisch auftreten, sind die Algenformen, welche von ihnen befallen werden und in ihrer Vereinigung mit dem Pilz Gonidien heißen, auch ohne den Pilz, also im freien Zustande, bekannt.

Die Mehrzahl der Flechtenpilze sucht Algen als Nährpflanzen auf, welche als Anflüge und Polster auf feuchtem Boden, an Baumrinden und Stämmen wachsen. Die einzelnen Zellen und Zellenfamilien werden dann von dem Pilzgewebe so umwachsen und durchwachsen, daß die Algen schließlich dem dichten Hyphengewebe des Pilzes nur noch eingestreut sind. Hierdurch werden sie nicht gerade im Wachstum und in der Vermehrung gehindert, aber es treten Störungen in ihrer Entwickelung ein. Betrachtet man den Flechtenkörper als Ganzes, so erscheint die blattgrünhaltige, ernährende Alge als ein Teil des Lagers, welches häufig in Form von Krusten und als Laub die Unterlage (Erde, Stein, Borke, Moos ꝛc.) bedeckt, mit einzelnen Haftorganen (Rhizinen) befestigt ist und sich abheben läßt; häufig erscheint sie auch strauchartig und vielfach verzweigt.

Fig. 5.



Querschnitt durch eine Laubflechte (Sticta). (Vergr. 500). o Rinde der Oberseite, u Unterseite, m Hyphengeflecht der Markschicht, g Gonidien, r Haftfasern der Unterseite.

Die Fortpflanzungsorgane der Flechten gehören vollständig dem

Pilze an und sind in Schläuchen erzeugte Sporen. Das Flechtenlager erzeugt Sporenbehälter (Sporangien) eigentümlicher (z. B. bei der gelben Schüsselflechte, Parmelia, schüsselförmiger) Gestalt, Apothecien genannt, in denen sich die Sporen entwickeln und später ausgeschleudert werden. Wie bei den Pilzen erfolgt geschlechtliche Fortpflanzung durch die männlichen Organe der Samenfäden (Spermatozoïden), welche zu den weiblichen Eizellen vordringen. Endlich vermehren sich die Flechten noch durch Sorebien; das sind Knäuel von Gonidien, die von Pilzfäden umsponnen sind, frei werden und sich zum Thallus entwickeln. (Fig. 5.)

Hiernach ist das Flechtenlager ein Mycelium, welches als Parasit von einer Alge ernährt wird; die Frucht der Flechte (das Apothecium) entsteht aus dem Mycelium, wie jede Pilzfrucht.

Die Flechten sind Luftpflanzen. Wie die Algen die ersten Bewohner des Wassers, so sind sie die ersten Pflanzen, welche sich auf dem festen Lande an Felsen, Mauern, Bäumen, auf der Erde zwischen Moosen ansiedeln. Äußerst widerstandsfähig sind diese Pflanzen gegen die heftigste Kälte und gegen die stärkste Sonnenglut. Nach heftigster Kälte, nach sengendster Hitze zu vertrockneter, bröckeliger, scheinbar toter Kruste geworden, vermag sie ein einziger Regen neu zu beleben: begierig saugen sie die Feuchtigkeit an, werden zähe, elastisch, biegsam, und neues Wachstum beginnt. Wo alle Lebensbedingungen zum Gedeihen von Pflanzen zu fehlen scheinen, wo hartes, unzersetztes Felsgestein der Wurzel keine Nahrung zu bieten vermag, wo die Sommerwärme selbst zur Entwickelung der Polar- und Alpenpflanzen nicht mehr hinreicht, — da finden sie sich ein in allen Farben, gelb, rot, orange, braun, schwarz, weißlich, den Fels bald krustig, bald blattartig überziehend, verwesend, neuwachsend, dicke Polster bildend.

Im hohen Norden, wo aller Baumwuchs, ja aller sonstige Pflanzenwuchs aufhört, breiten sich in der Alten und Neuen Welt weite Flächen aus, die Tundren (Einzahl: Tundra), die, soweit der Boden feucht ist, mit Moosen, so weit er trocken, dagegen mit Flechten bedeckt sind. Diese arktischen Gebiete sind das Reich der Flechten und Moose; die Pflanzen gewähren den Tieren (Renntier) die Nahrung. Auf den höchsten Gipfeln unserer Hochgebirge finden wir die farbigen Flechtenüberzüge, welche sich in allmählich dickerer Schicht ankleben und in fortgesetzter Verwesung und Neuwachstum die Bewachsung durch Moose und sonstige vollkommnere Gewächse vorbereiten.

Einteilung.

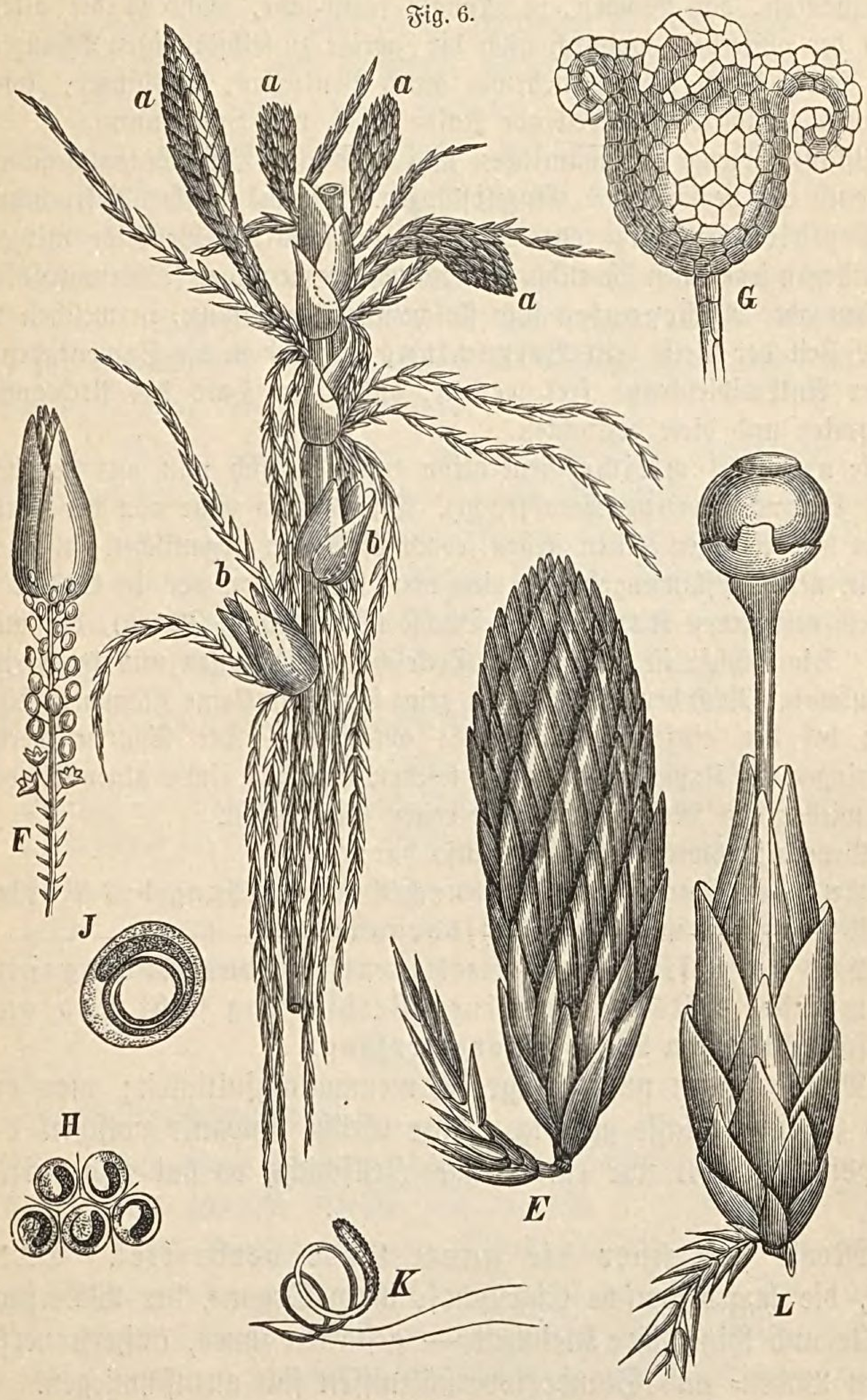
1. Strauchflechten: Thallus strauchartig, Ober- und Unterseite gleich, Gonidienschichte hohlcylindrisch;
2. Laubflechten: Thallus lappig, flach ausgebreitet, anliegend; Gonidien, grün und blaugrün, bilden an der Oberseite eine Schichte.
3. Krustenflechten: Thallus undeutlich gestaltet, krustig; auf ihm nur die Früchte erkennbar.

Typus III.

Moose, Musci.

Die Moose zeigen bereits eine wesentlich höhere Organisation als die vorhergehenden Pflanzentypen. Sind sie auch noch Zellenpflanzen, denen echte Gefäßbündelstränge fehlen, so gliedert sich ihr Körper doch fast allgemein in Achsen= und Anhangsorgane, — Stämmchen und Blätter. Wurzeln fehlen ihnen immer; sie werden durch meist zahlreiche Saughaare (Rhizoiden)

Fig. 6.



Torfmoos, Sphagnum acutifolium. Stück der Pflanze vergr.
a männliches Blütenkätzchen, b Außenäste mit noch eingehüllten Sporogonien. E Blütenkätzchen mit unfruchtbarem Aste (vergr.), L reife Kapsel vom Pseudopodium getragen, F zum Teil entblättertes männliches Kätzchen mit den Antheridien, G geöffnetes und entleertes Antheridium, H Spermatozoiden in den Mutterzellen mit den Samenfäden, J eine reife Samenzelle, K Samenfäden.

vertreten. Die Zellwände sind derb, häufig dick, zäh elastisch und oft braun, rot oder violett gefärbt.

Die Vermehrung der Moose kann ungeschlechtlich erfolgen (durch Saughaare, Knospen, Blätter, Zweige) und geschlechtlich mit einem scharf ausgeprägten Generationswechsel. Fig. 6.

1. Die geschlechtliche Generation entsteht direkt aus der Spore, oder es bildet sich zunächst ein Vorkeim und dann aus blattlosem Thallus oder einem belaubten, vielfach verzweigten Stengel das Moospflänzchen von 10—30 cm Länge, mit Wurzelhaaren, das Wochen, ja Monate fortwächst, während die ältesten Teile von hinten her absterben, wodurch auch die Zweige zu selbständigen Pflanzen werden. Hierdurch, sowie durch die Vermehrung durch Brutzellen, Ausläufer, Zweigknospen entstehen weite Landstrecken bedeckende Rasen (z. B. von Sphagnum).

Die Pflanze erzeugt die männlichen und weiblichen Befruchtungsorgane bald auf derselben, bald auf verschiedenen Einzelpflanzen. Die männlichen Befruchtungsorgane oder Antheridien sind kurz- oder langgestielte, sackartige Behälter mit zahlreichen Zellen, von denen jede einen schraubig gewundenen Samenfaden (Spermatozoid) erzeugt; die weiblichen oder Archegonien sind flaschenförmige Organe, in welchen die Eizelle liegt. Zur Zeit der Reife tritt Befruchtung ein, indem die Samenfäden mit Zerreißung der Antheridienwand frei werden, durch den Hals des Archegoniums zur Eizelle eintreten und diese befruchten.

2. Die ungeschlechtliche Generation entwickelt sich nun aus der befruchteten Eizelle als Sporogonium (Moosfrucht). Dieses wird zwar von der Mutterpflanze ernährt, die beiderseitigen Zellen stehen jedoch in keinem organischen Zusammenhange. Es stellt ein neues Pflanzengebilde, eine neue Generation dar in Gestalt einer von einem Stiele getragenen Kapsel oder Büchse (Moosfrucht, Theca), die mit Sporen gefüllt ist. Die Büchse ist mit einem Deckelchen verschlossen und trägt ein schleierartiges Häubchen. Nach dem Aufspringen zeigt ihr Rand kleine Zähnchen, die an Zahl und Form bei den einzelnen Moosarten abweichen. Die Sporen werden durch das Aufspringen der Kapsel frei, keimen wieder, erzeugen einen algenartigen Vorkeim und dann wieder das Moosgewächs der ersten Generation.

Der Generationswechsel stellt sich also dar:

1. Aus der Spore entsteht durch Vermittelung des Vorkeims ein Pflänzchen mit Geschlechtsorganen.
2. Aus der befruchteten Eizelle entsteht das Sporogonium, das mit der Pflanze in keiner Verbindung steht und auf ungeschlechtlichem Wege Sporen erzeugt.

Die Moose zeigen nur geringe Formenmannigfaltigkeit; man erkennt sie sofort als zu einer Klasse gehörig. Ihre Größe schwankt zwischen 1—30 cm. Das Moosblatt bildet nur eine einzige Zellschicht, es hat also keine Spaltöffnungen.

Die Moose sind über die ganze Erde verbreitet. Der einfache Zellenbau, die hygroskopische Eigenschaft ihrer Organe, der Widerstand gegen große Kälte und Hitze, ihre Kleinheit — gestatten ihnen, äußerst verschiedenen klimatischen Boden- und Standortsverhältnissen sich anzuschmiegen.

In der größten Artenzahl treten sie jedoch auf in den kälteren Erdstrichen und höhern Gebirgsregionen. Daher nennt man die Polarländer und die Gebirge über der Baumgrenze auch das Reich der Moose.

Im Haushalt der Natur haben sie eine große Bedeutung, da sie (mit den Flechten) vielfach die ersten Ansiedler auf kahlem, unfruchtbarem Boden sind und durch ihre dichten Polster das lose Erdreich, den flüchtigen Sand befestigen. Mit den Flechten dringen sie am weitesten in die Polarzonen und die Regionen der Hochgebirge vor. An den vergletscherten Gestaden der Polarmeere grünen Laubmoose (Filzmütze, Polytrichum, Hornzahn, Ceratodon) auf den vom Schneewasser befeuchteten Erdstellen oder erzeugen auf weite Strecken die Moos-Tundra; auf die Scheitel der Hochgebirge klettern sie hinauf (Grimmia). Unsere Laubwälder schmücken sie mit frischgrünem Moosteppich, die Felsschluchten und Bachufer überdecken sie mit weichen Polstern, die Rinde alter Bäume mit zartem Gewebe. Auf Hochebenen, wo reichliche Niederschläge ihr Gedeihen begünstigen, auf dem Flachlande, wo Wasseransammlung stattfindet, in sumpfigen Gegenden gedeihen bestimmte Arten besonders üppig. Daselbst erzeugen die Torfmoose (Sphagnum) mit andern Pflanzen (Rohr, Binsen, Schachtelhalmen, Gräsern 2c.) jene filzartigen Pflanzenmassen, die, nach oben fortwachsend, an ihrer unter Wasser befindlichen, mit Schlamm sich bedeckenden unteren Seite unvollständig verwesen und dann in ihren kohligen Massen den Torf bilden.

Haben die kleinen Steinflechten den harten Fels angefressen, so siedeln sich auf ihren abgestorbenen Resten die Moose an, bilden eine weitere Humusschicht, so daß auch höhere Gewächse Wurzel fassen können. Da sie das Wasser schwammartig aufsaugen, schützen sie den Boden vor raschem Austrocknen, leiten die Feuchtigkeit in Risse, Spalten und Klüfte und tragen bei zur Zersetzung des Gesteins und zur Entstehung der Quellen.

Einteilung gewöhnlich in 2 Gruppen:

1. Lebermoose (Hepaticae). Spore entwickelt nur einen kleinen Vorkeim; Pflanze ein fadenförmiges Stämmchen mit 2 Reihen Blättern; Sporogonium öffnet sich selten mit einem Deckel, meist mit Zähnen oder Klappen.
2. Laubmoose (Bryineae). Spore bildet kräftigen, verästelten Vorkeim; Pflanze aufrechtes oder kriechendes Stämmchen mit Blättern. Sporogonium durch Abwerfen eines Deckels geöffnet.

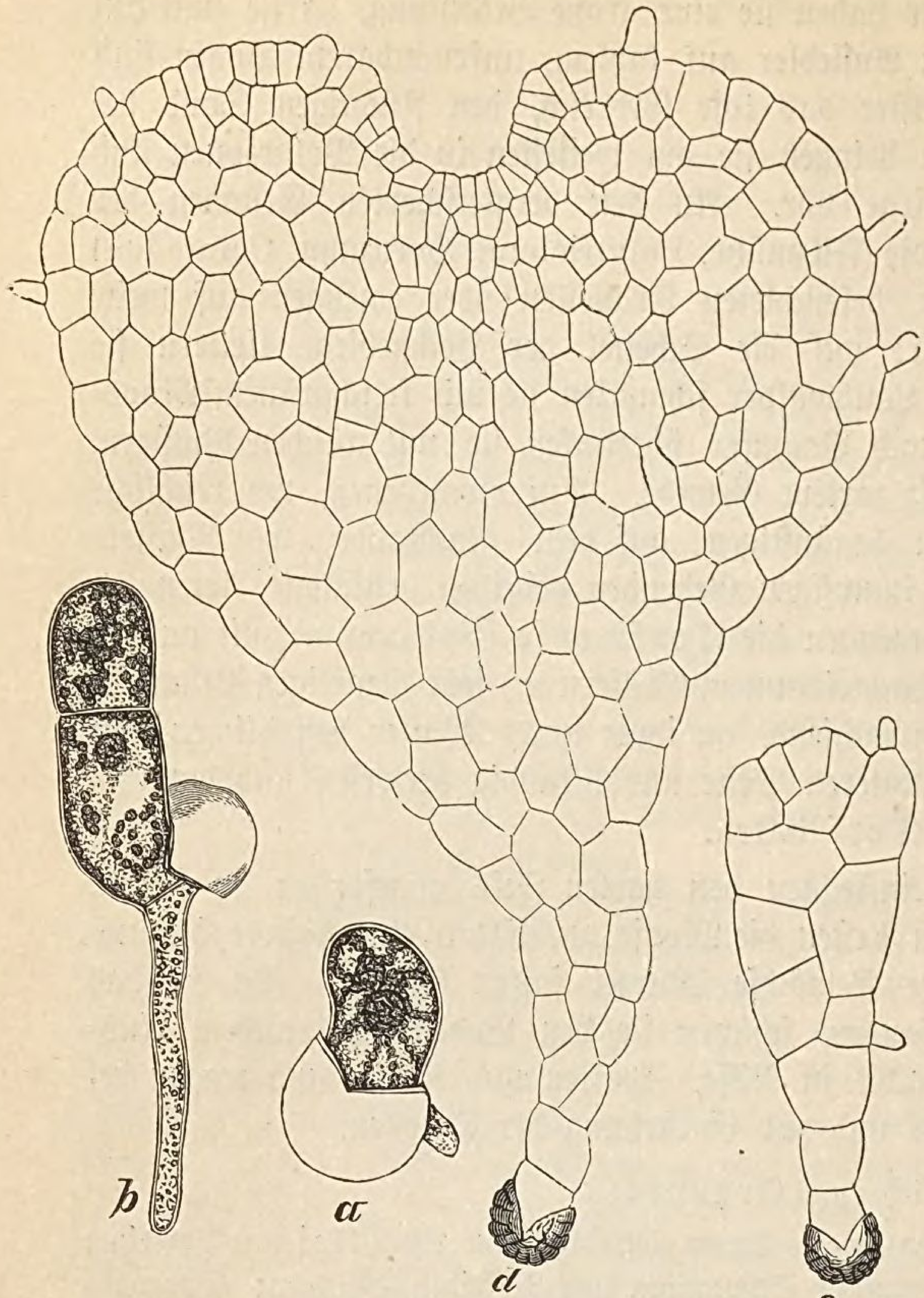
Typus IV.

Gefäßkryptogamen.

Die hierher gehörigen Pflanzen zeigen eine Gliederung in Wurzel, Stamm und Blätter, das Gewebe scheidet sich deutlich in Oberhaut (Epidermis), Grundgewebe und Gefäßbündel (Fibrovasalstränge). Die Gefäßbündel liegen im Grundgewebe zerstreut, oft in regelmäßiger Anordnung und sind durch letzteres getrennt. Die Blätter zeigen sehr verschiedene Gestalt und erzeugen fast immer die ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane in Gestalt der Sporangien. Fig. 7—11.

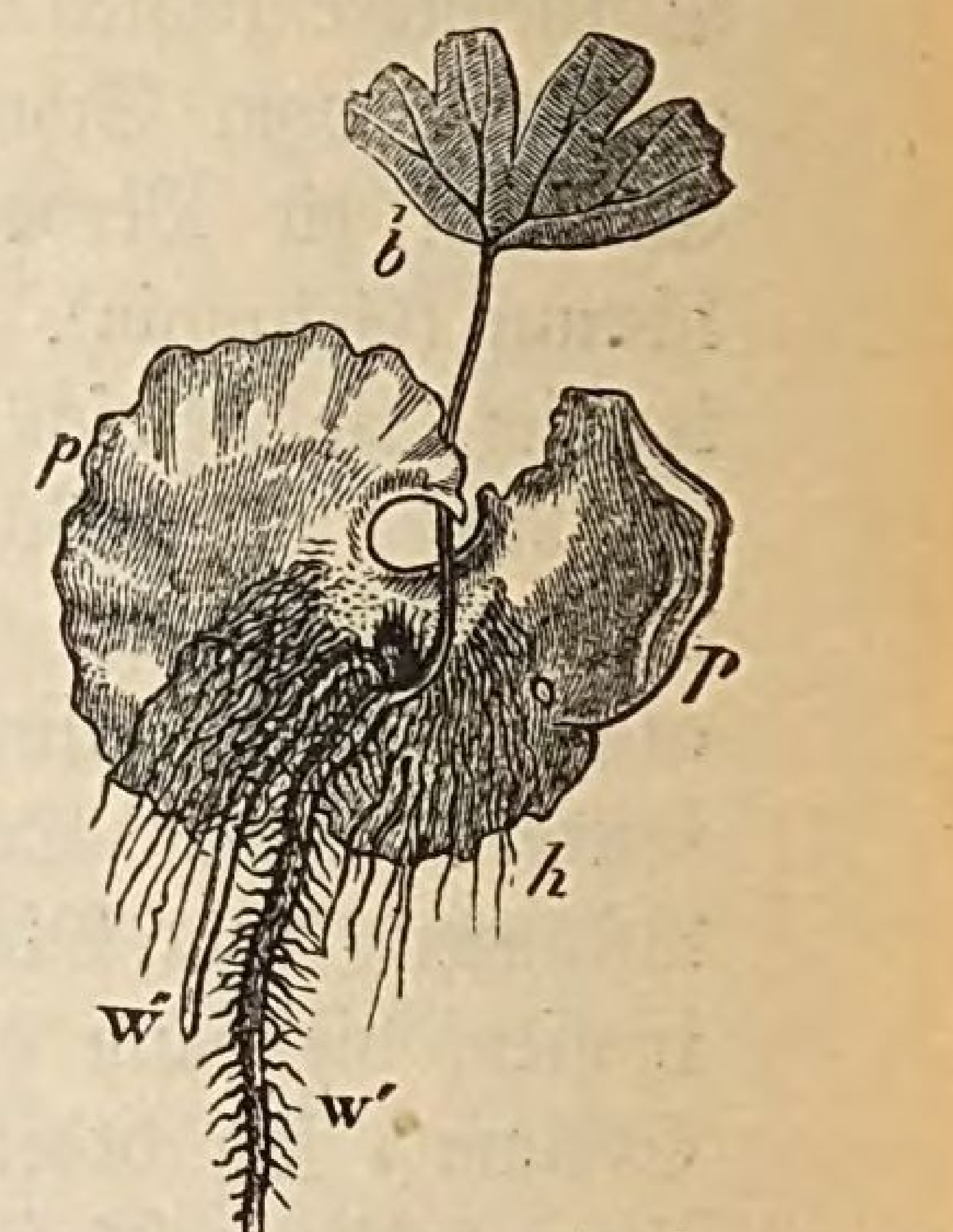
Wie bei den Moosen, gliedert sich auch hier der Entwickelungsprozeß in 2 scharf getrennte Generationen mit Generationswechsel.

Fig. 7.



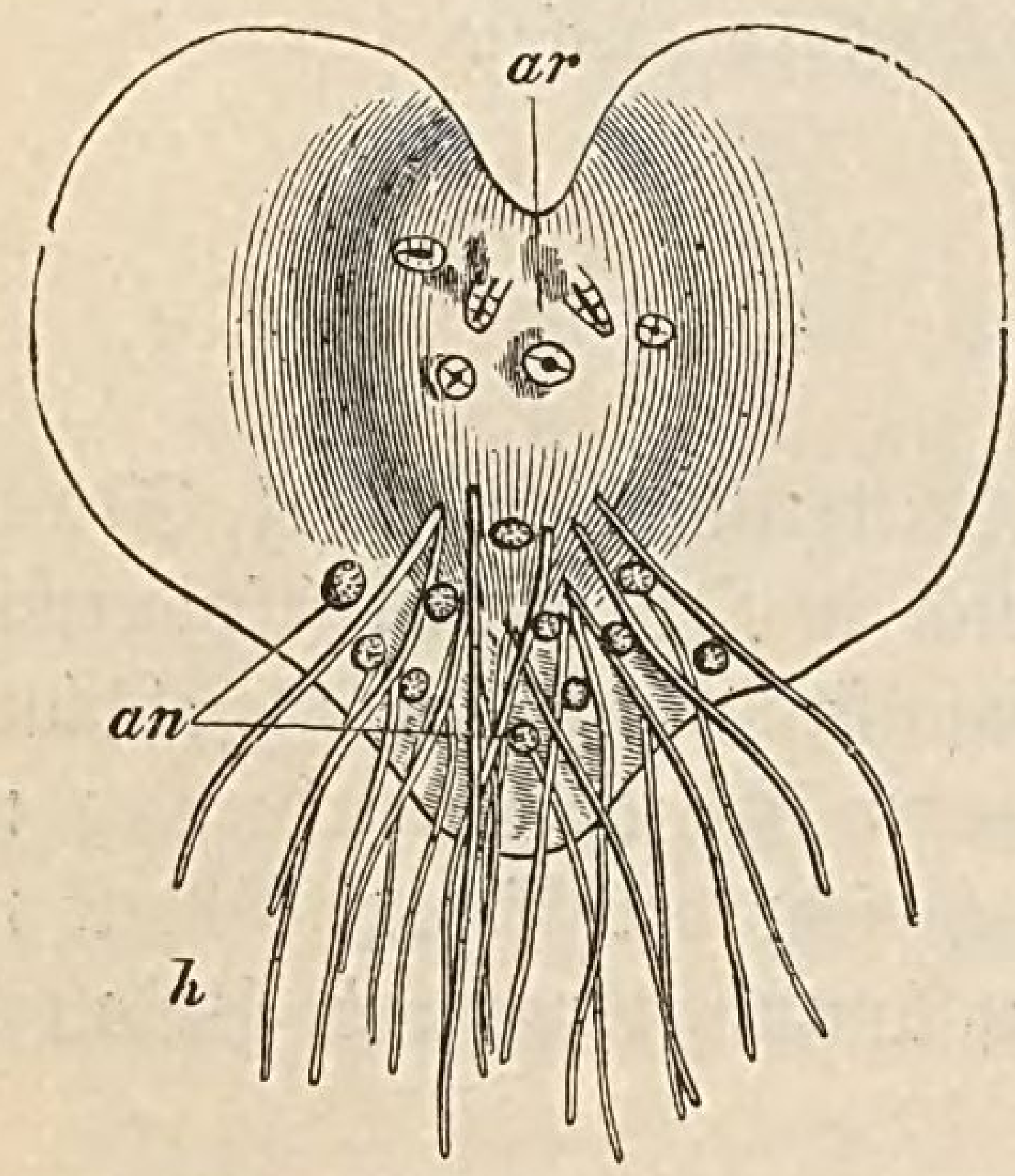
a und b **junge Vorkeime** (200fach vergrößert).
c jüngerer, d älterer Vorkeim von Aspidium filix mas (120fach vergr.).

Fig. 8.



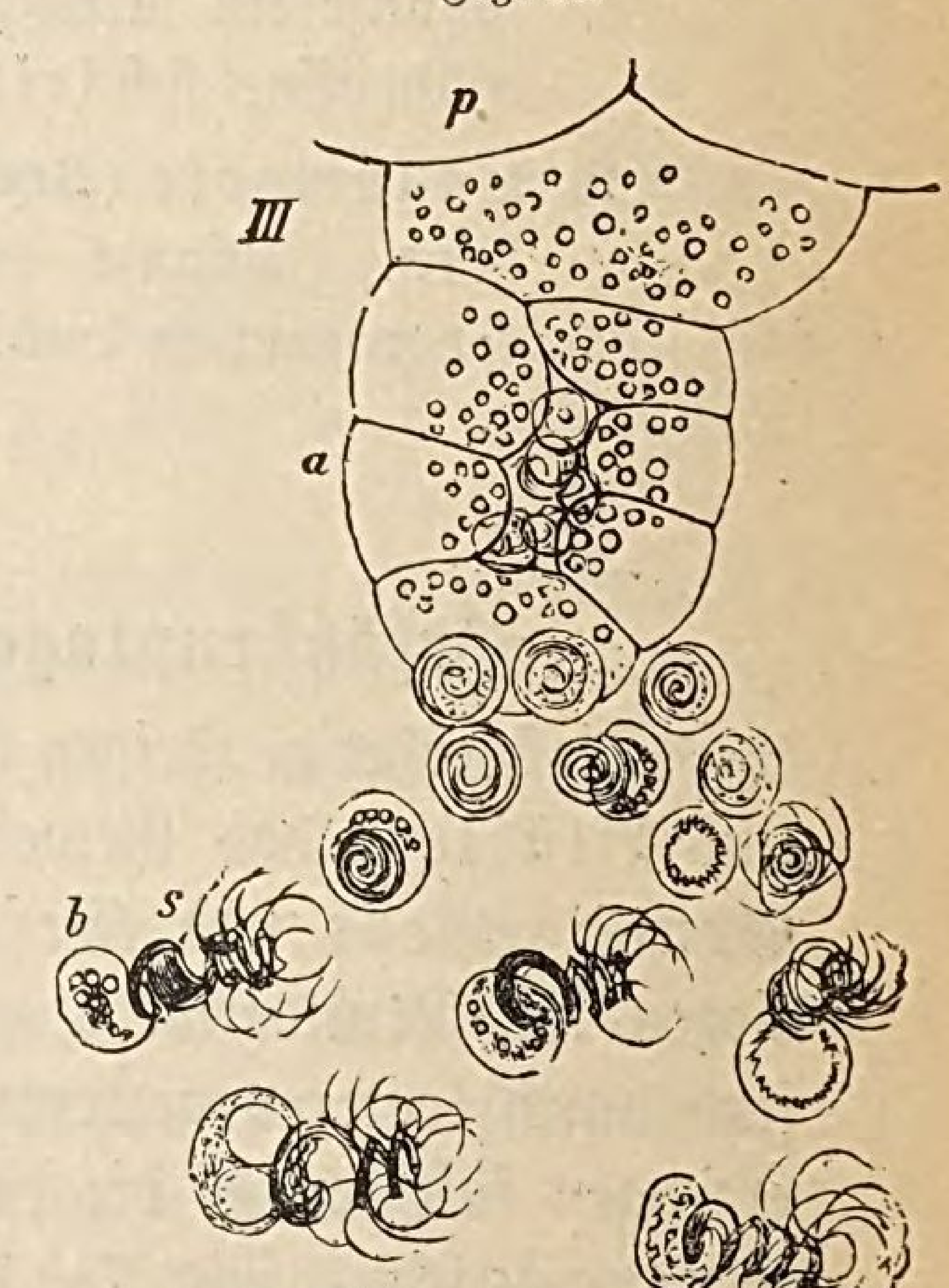
Prothallium (p) **eines Farnkrautes** von unten gesehen; daran die aus einer befruchteten Eizelle erwachsene Pflanze b mit Wurzeln w′ w″. h Wurzelhaare des Prothalliums.

Fig. 9.



Junges Prothallium eines Farnkrauts von der Unterseite (10mal vergrößert).
a r Archegonien, a n Antheridien, h Wurzelhaare.

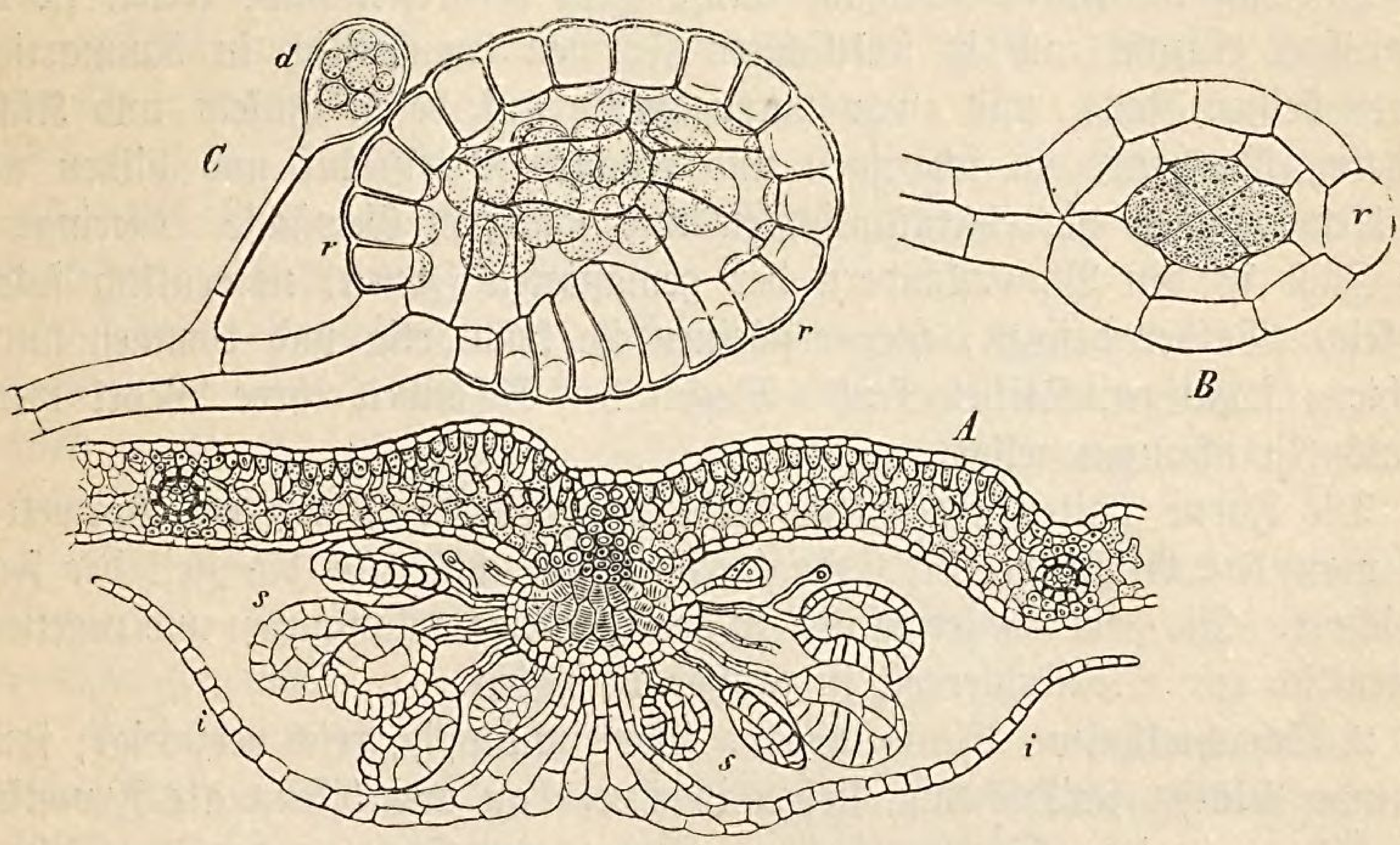
Fig. 10.



Antheridium (550mal vergr.).
s austretende Spermatozoiden, b Blase, die dem Spermatozoid anfangs anhängt.

1. Die geschlechtliche Generation entsteht aus den in den Sporangien gebildeten Sporen, die teils gleichartig, teils ungleichartig, große und kleine (Makro- und Mikrosporen) sind. Sie ist immer ein thallusartiger Zellenkörper, der niemals in Stamm und Blatt gegliedert ist, wie bei den höheren Moosen, sondern klein und zart bleibt und Vorkeim oder Prothallium genannt wird. Derselbe entwickelt als Geschlechtsorgane die Antheridien und Archegonien. Sind zweierlei Sporen vorhanden, so bilden die Mikrosporen nur Vorkeime mit männlichen, die Makrosporen nur solche mit weiblichen Organen. Die Befruchtung erfolgt unter Vermittelung des Wassers, durch welches sich Antheridien und Archegonien öffnen und die schraubig gewundenen und gewimperten Samenfäden (Spermatazoiden) zur Eizelle geführt werden.

Fig. 11.



Aspidium filix mas.

A Querschnitt des Blattes mit einem Fruchthäufchen und dessen Sporangien s und Schleier i i, rechts und links im Blatte ein Gefäßbündel. B junges Sporangium, r die oberste Zelle, die innere (Central-) Zelle in 4 Zellen geteilt. C Seitenansicht eines fast reifen Sporangiums, r r Ring, d die gestielte Drüse, im Innern die Sporen.

2. Die ungeschlechtliche Generation entsteht aus der befruchteten Eizelle (Embryo) im Archegonium. Schon die ersten Teilungen des Embryo lassen Wurzel-, Stamm- und Blattanlage erkennen, und es entwickelt sich nach und nach die hochorganisierte Pflanze (z. B. Farnkraut, Schachtelhalm), welche sich schon in früher Jugend vom Prothallium freimacht und sich selbst ernährt, schließlich in den Sporangien die Sporen erzeugt. Diese Generation zeigt oft sehr große Pflanzenformen mit mannigfach gegliederten Blättern, verzweigten Wurzeln und verzweigtem Stamm. Die Sporangien entstehen meistens an den Blättern, seltener an den Blattachseln und dem Stamm.

Während bei den Moosen die ungeschlechtliche (Sporen erzeugende) Generation (als Sporogonium) ein bloßes Anhängsel der Geschlechtspflanze bleibt, gleichsam deren Frucht darstellt, entwickelt sich dieselbe bei den Gefäßkryptogamen zu der hochorganisierten Pflanze; während das Sporogonium der Moose für sich allein die 2. Generation darstellt, ist das ihm entsprechende Sporangium der Gefäßkryptogamen nur ein kleiner Auswuchs, ein Anhängsel der 2. Generation.

3 Klassen: Farne, Filicinae, Schachtelhalme, Equisetaceae und Bärlappe, Lycopodiaceae.

1. **Farne,** Filicinae. Vorkeim groß, oberirdisch, reich an Blattgrün; Sporangien zu Fruchthaufen (Sori) vereinigt am Rande oder an der Unterseite der Blätter; Sporen alle gleich groß. Krautartige, selten baumartige, perennierende Pflanzen mit unverzweigtem Rhizom und aufrechtem unverzweigtem Stamm. Blätter in der Regel stark ausgebildet, sind in der Jugend spiralig zusammengerollt, häufig stark behaart; sie bilden am Stammende eine reiche Krone; der ältere Stammteil von abgestorbenen Blattresten dicht bedeckt.

Obgleich die Farne über die ganze Erde verbreitet sind, treten sie doch in größter Anzahl und in stattlichsten Formen (namentlich in baumartigen) in der heißen Zone, und zwar vorzugsweise auf deren Inseln und Küstenländern, überhaupt an schattigen und feuchten Orten auf und bilden unter den Kryptogamen die eigentümlichsten und schönsten Gewächse. Geringer ist ihre Zahl in den Binnenländern der gemäßigten Zonen, namentlich solchen, die keine Wälder besitzen; hier erscheinen sie krautartig und kommen nur an feuchten, schattigen Stellen fort. Wegen der Schönheit ihrer Wedel werden sie als Zierpflanzen geliebt.

Die Farne hatten die größte Bedeutung für die Flora der Vorwelt, so daß man das Altertum der Erde (Primärzeit) auch als die Zeit der Farne bezeichnet. Sie gehören jedenfalls zu den ältesten Landpflanzen und vegetierten namentlich zur Steinkohlenzeit in großer Üppigkeit.

2. **Schachtelhalme,** Equisetaceae. Vorkeim lappig, reich verzweigt; fruchttragende Blätter schildförmig, stehen in Quirlen und bilden als Fruchtstand eine Ähre an der Stengelspitze; Sporangien sitzen an der Unterseite der Blätter; Sporen alle gleich groß; ausgezeichnet durch infolge großer Hygroskopicität auf- und abrollbare Schleuderer. Pflanzen krautartig mit hohem, gegliedertem, oberirdischem Stengel, dessen Höhlungen an den Knoten durch Querwände geschlossen sind. Rhizom verzweigt, Blätter klein, scheidenförmig geschlossen, am Rande gezähnt. Ausgezeichnet durch Reichtum an Kieselsäure, die namentlich in der Oberhaut sitzt. Lieben feuchte Standorte (Sümpfe, Äcker und Wälder) mit lehmigem, sandigem Boden. Schachtelhalme dienen wegen ihrer Härte (hervorgebracht durch den Kieselgehalt der Stengel und Blätter) als Scheuerkraut für Gefäße. Vorweltliche Formen erreichten riesige Dimensionen, wie die Versteinerungen der Kohlengebirge beweisen (Calamites).

3. **Bärlappe,** Lycopodiaceae. Vorkeime große, unterirdische Gewebekörper; fruchttragende Blätter an bestimmten Stengelteilen; Sporangien entwickeln sich in der Blattachsel oder am Grunde der Blattoberseite. Sporen alle gleich oder ungleich (Makro- und Mikrosporen).

Ausdauernde, immergrüne, moosähnliche Stämme, in die Länge ausgebildet, kriechend, sich verschiedentlich gabelnd; Blätter dicht gedrängt, ungestielt, sich dachziegelig deckend. Mehlartige Sporen des Kolben-Bärlapps (Lycopodium

clavatum) als Bärlappsamen (Semen Lycopodii) zum Bestreuen von Pillen und zum Betupfen wundgeriebener Hautstellen. Ausgestorbene Verwandte unserer Bärlappe, der Schuppenbaum (Lepidodēndron) und Siegelbaum (Sigillaria), mit bis 30 m hohen und 4 m umfassenden Stämmen finden sich in Steinkohlengebirgen fossil und bilden nebst andern Gefäßkryptogamen den Hauptteil der Steinkohlen.

Typus V.

Nacktsamer, Gymnospermae.

Wie schon durch den Namen angedeutet wird, sind die Nacktsamer Samenpflanzen (Phanerogamen). Sie bringen nach eingetretener Befruchtung Samen hervor, welcher zur Reife gelangt und abgeworfen wird. Derselbe beherbergt in der Samenschale den Keimling (Embryo), d. h. eine junge Pflanze, welche bereits die Anlage von Stamm, Blättern und Wurzeln erkennen läßt und sich nach einer Zeit der Ruhe durch Keimung zu einem der Mutterpflanze gleichartigen Individuum entwickelt.

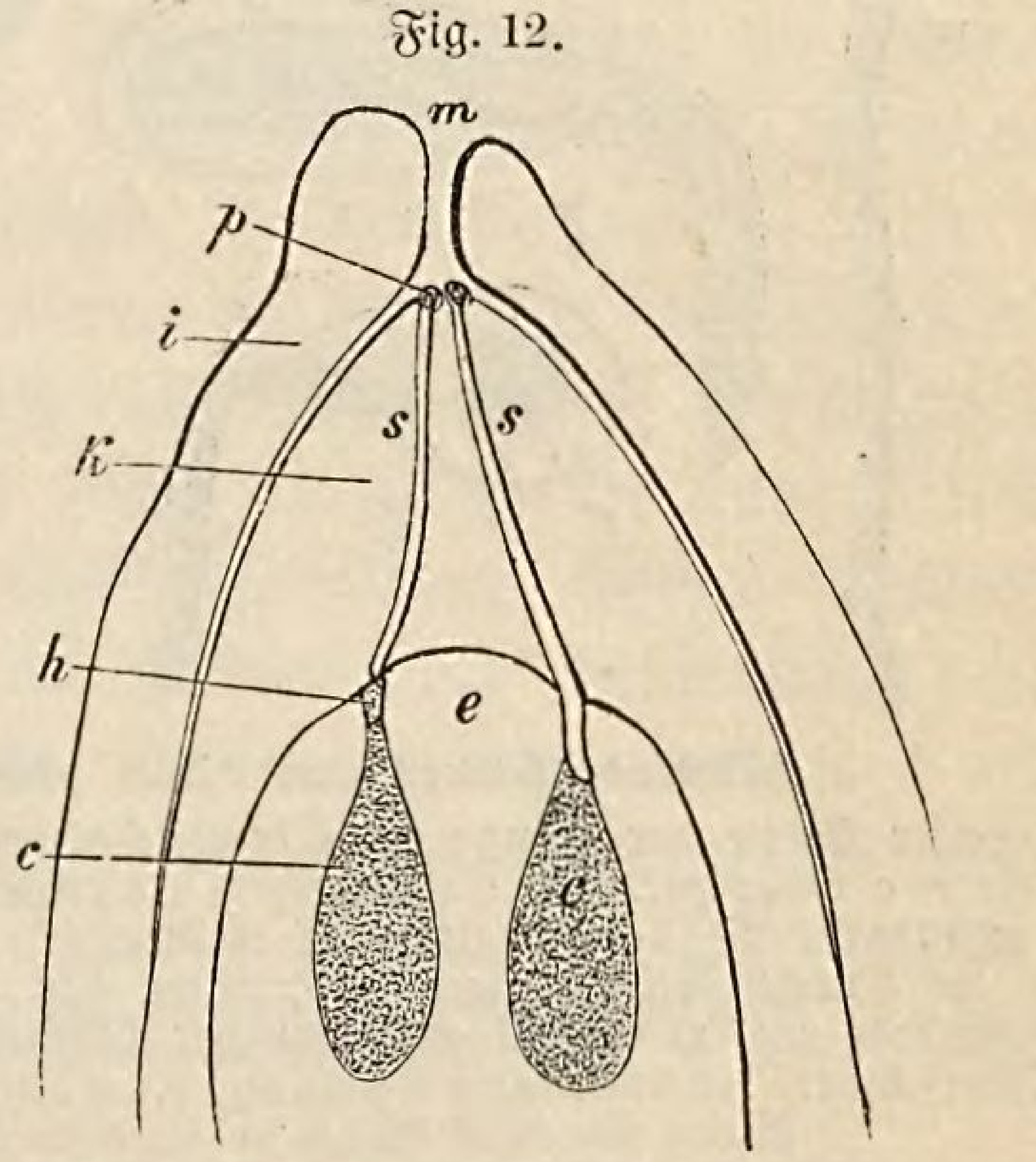
Die Befruchtungsorgane (Geschlechtsorgane) entstehen bei ihnen aus eigentümlich gestalteten Blättern, welche an bestimmten Stellen eines Sprosses (z. B. an der Spitze) vereinigt sind und insgesamt Blüte genannt werden. Die Hauptteile einer Blüte sind:

1. Die Staubblätter mit den Pollensäcken, in denen der Blütenstaub (Pollenkörner), d. i. die männlichen Zellen entstehen (nach Roeper das Andröceum genannt).

2. Die Fruchtblätter (Carpelle) mit den Samenknospen, welche als Samenanlagen die Eizellen, d. i. die weiblichen Zellen enthalten (das Gynäceum).

Die Nacktsamer tragen die Samenknospen frei und nackt auf der Achse oder an dem ausgebreiteten Fruchtblatt; dieselben sind also nicht von einem durch Verwachsung von Fruchtblättern gebildeten Gehäuse (dem Fruchtknoten) eingeschlossen.

Fig. 12.



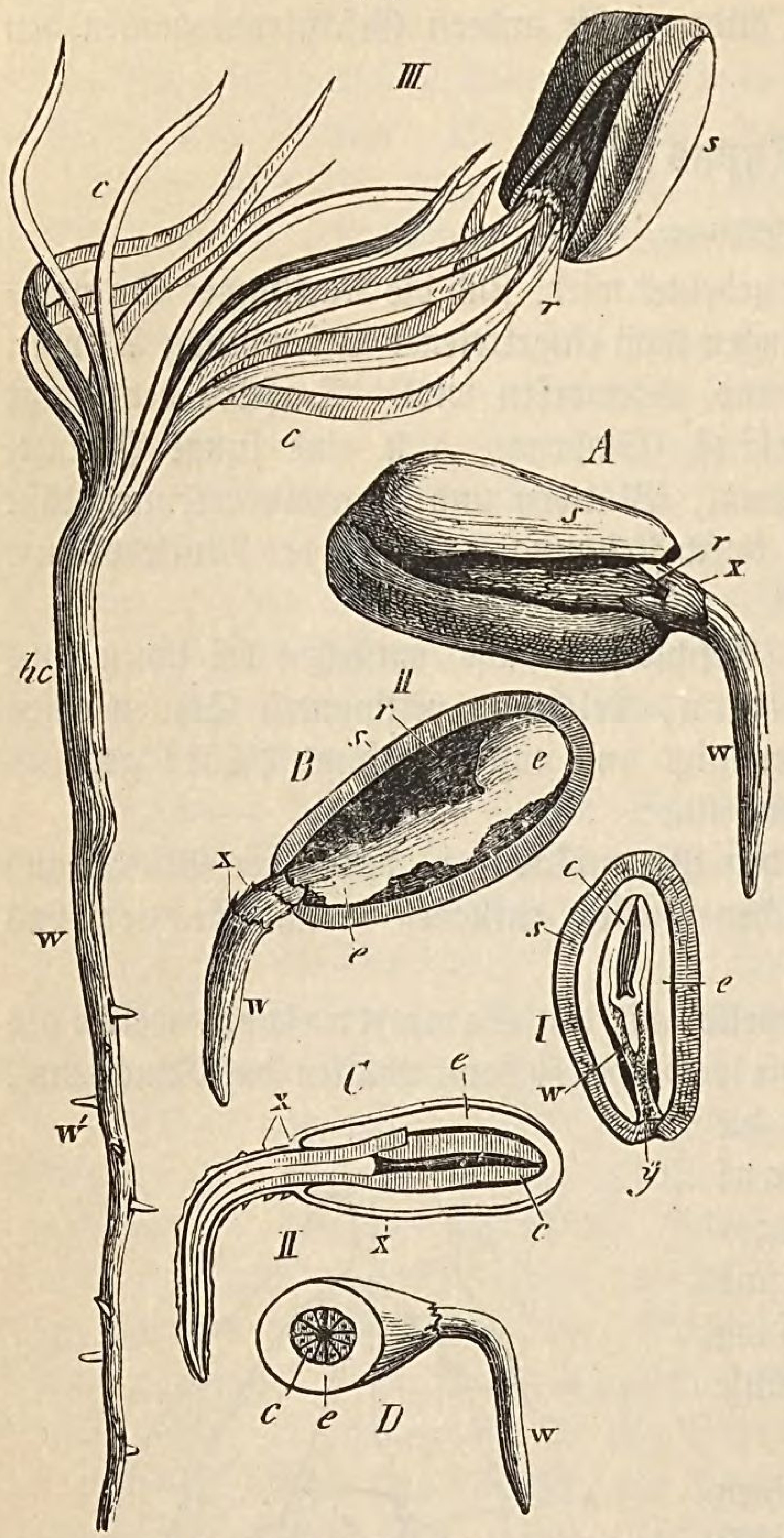
Befruchtung bei Pinus (schematisiert).
m Mikropyle, i Integument, k Knospenkern, cc Centralzelle, h Hals der Zelle, des Corpusculum, e Endosperm den Embryosack erfüllend, p Pollenkörner mit Schläuchen s.

Die Samenknospe läßt einen Knospenkern (Nucleus), die Knospenhüllen (Integument) mit einem diese durchsetzenden kurzen Gange (der Mykropyle) und den Knospenstiel oder Nabelstrang (Funiculus) erkennen. Sie erzeugt in dem großen Knospenkern einen kleinzelligen Gewebekörper, den Embryosack, der sich bereits vor der Befruchtung mit Pflanzeneiweiß (Endosperm) füllt und mehrere Organe (Corpuscula), jedes aus einem Hals und einer großen Centralzelle, der Eizelle, bestehend, erkennen läßt. Fig. 12.

Die Befruchtung der Samenknospe erfolgt auf derselben Pflanze, indem ein Pollenkorn in den Knospengang (die Mikropyle) gelangt und hier, zu einem Pollenschlauch auswachsend, zur Eizelle vordringt. Die befruchtete Eizelle umgiebt sich mit einer Haut, wächst im Innern des Embryosackes aus zum Embryoträger und Embryo, welcher beim reifen Samen in der Mitte des Endosperms liegt, das Wurzelende der Mikropyle zugekehrt.

An dem Keimling des reifen Samens liegt die erste Wurzel (Haupt- oder Keimwurzel) am Ende des kurzen Stämmchens; ihr gegenüber liegen die Blattgebilde, Keimblätter, Samenlappen oder Kotyledonen, welche von den später gebildeten Blättern gewöhnlich sehr verschieden sind. Fig. 13.

Fig. 13.



Keimende Samen von Pinus pinea.

I reifer Same der Länge nach durchschnitten, s Samenschale, e Endosperm, w Keimwurzel, c Kotyledonen, y Mikropylende, II A-D beginnende Keimung, A von außen, x der Embryosack, B nach Wegnahme der Schalenhälfte, e Endosperm, C im Längsschnitt der Samenschale, D im Querschnitt, III vollendete Keimung, die Kotyledonen c entfalten sich, das Glied hc ist gestreckt.
(Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe.)

Bei der Keimung tritt zuerst die Wurzelspitze aus der zerreißenden Samenschale hervor. Durch Verlängerung der Keimblätter wird die zwischen diesen und am Scheitel des Stämmchens entstehende Knospe herausgedrängt, während die Keimblätter (die schon im Samen, also ohne Licht ergrünen!) im Sameneiweiß stecken bleiben, bis dessen Nährstoffe aufgezehrt sind, später jedoch (bei den Nadelhölzern) über die Erde gelangen und als erste Laubblätter sichtbar werden. Die junge Pflanze zeigt ein senkrechtes Stämmchen mit kräftiger Pfahlwurzel und (später) zahlreichen Nebenwurzeln. Die Blüten der Nacktsamer sind stets eingeschlechtig (diklinisch), die Pflanzen einhäusig (monöcisch) oder zweihäusig (diöcisch). Die männliche Blüte zeigt eine lange, dünne Achse, an der die schildstieligen oder schuppigen Staubblätter spiralig oder in Quirlen stehen; die weiblichen bestehen aus Achsen bald mit Fruchtblättern und dazwischen oder darauf die Samenknospen, bald ohne Fruchtblätter und nur mit Samenknospen. Infolge Verlängerung der Achse und des Fehlens des Fruchtknotens erscheinen sie fremdartig (z. B. als verholzende Zapfen).

Die Ausbildung der Nacktsamer, wie der Samenpflanzen überhaupt, ist eine weit vollkommnere als die der Kryptogamen, da ihre morphologisch gleichnamigen Glieder (Achsen- und Anhangsorgane) sich, entsprechend einer unendlichen Mannigfaltigkeit der Lebensweise, auch unendlich mannigfaltiger gestalten müssen, damit jedes Glied eine bestimmte Arbeit im Dienste des ganzen Organismus zu leisten vermag.

Die für uns wichtigste Familie nacktsamiger Phanerogamen sind die Nadelhölzer (Coniferae), da die meisten Arten derselben der nördlich gemäßigten Zone angehören und manche (z. B. Tannen, Fichten, Kiefern 2c.) große Nadelholzwälder bilden. Sie reichen weit hinauf in die kalte Zone, die nach ihnen die Region der Nadelhölzer heißt; auf Hochgebirgen treten sie zuletzt als niedriges Gesträuch (Krummholz) auf. Die ältesten Nadelholzreste sind in der Steinkohle angetroffen und gehören zum Teil (wie die Voltzien, Walchien) ausgestorbenen Familien an. Das Mittelalter der Erde (die Sekundärzeit) heißt auch das Zeitalter der Nadelwälder. Nützlich werden die Nadelhölzer durch ihr Holz (Bau- und Brennholz und zu Schnitzereien) und durch ihre Harze.

Typus VI.

Einsamenlapper, Monocotyledoneae.

Dieselben sind Samenpflanzen, deren Samenknospen in ein von Fruchtblättern gebildetes Gehäuse, den Fruchtknoten, eingeschlossen sind, also Bedecktsamer, Angiospermae.

Der Same enthält einen kleinen Keimling (Embryo) und eine bedeutende Menge Sameneiweiß (Endosperm). Der Keimling trägt an seinem hinteren Ende die Wurzelanlage, vorn nur ein mäßig entwickeltes, scheidenförmiges Keimblatt (Samenlappen, Kotyledon, daher Einsamenlapper), welches bei manchen Pflanzen (z. B. den Gräsern) die Gestalt eines Schildchens (Skutellum) hat, den Keimling einhüllt und vom Sameneiweiß bedeckt wird.

Die Befruchtungsorgane sind in der Blüte vereinigt; sie sind männliche (Andröceum): die Staubgefäße aus Faden (Filament), Beutel (Anthere) mit Konnektiv und Pollensäcken, welche den Pollen- oder Blütenstaub enthalten, gebildet; weibliche (Gynäceum): der Stempel, aus einem von den Fruchtblättern gebildeten geschlossenen Gehäuse, dem Fruchtknoten (Germen), welcher die Samenknospen einschließt und dem Griffel (Stylus) mit der Narbe (Stigma) bestehend. Die Samenknospen sitzen an dem Knospenträger (Placenta). Fig. 14.

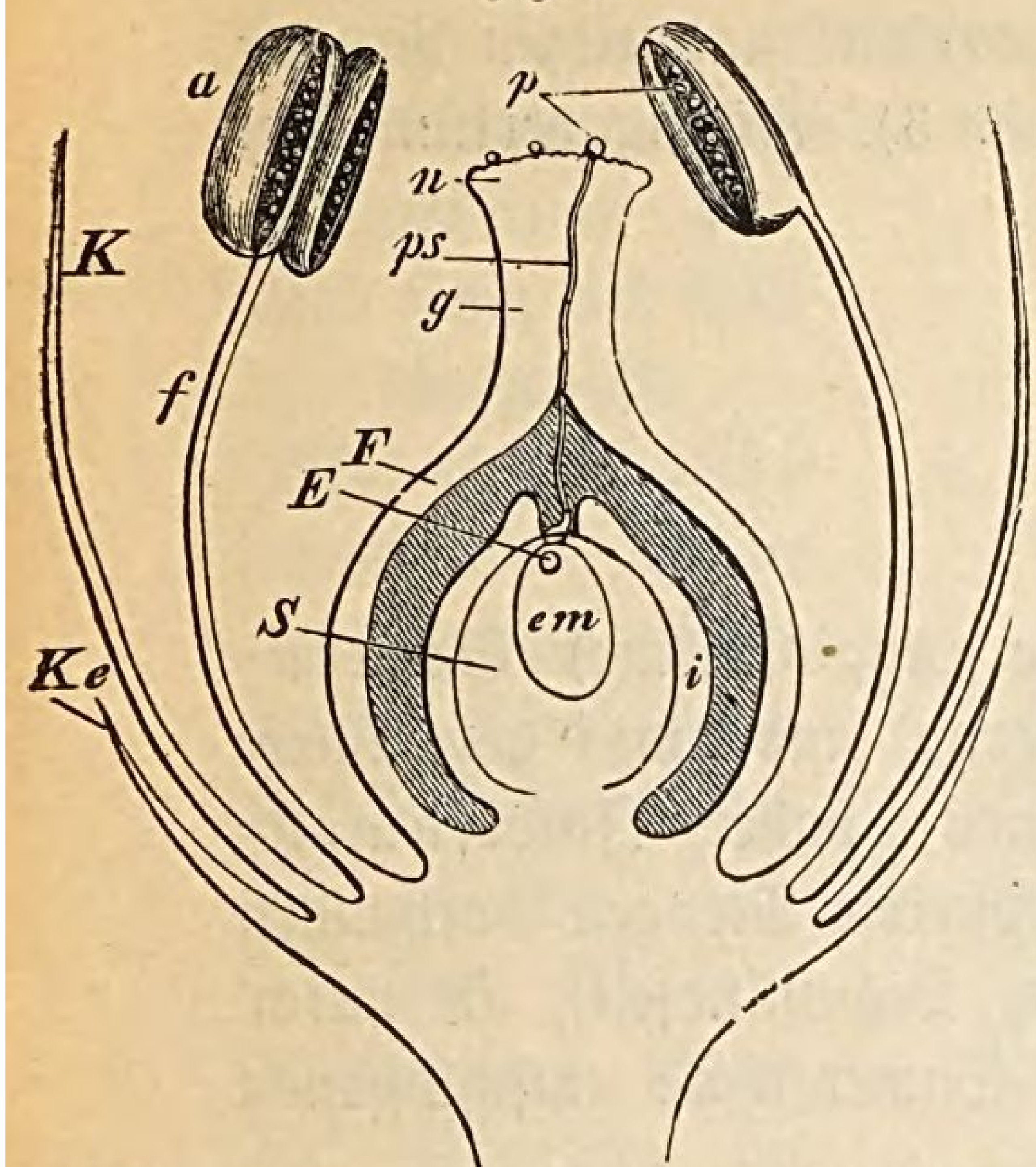
Eine Befruchtung tritt nur ein, wenn das Pollenkorn auf die Narbe gelangt. Dieses am Ende des Griffels gelegene, drüsige, mit zarten Haaren (Papillen) bedeckte Organ sondert zur Zeit der Bestäubung eine klebrige, zuckerhaltige Flüssigkeit ab, welche die Pollenzellen festhält und deren Entwickelung gestattet. Ist das Pollenkorn auf die Narbe gelangt, so treibt es einen oder mehrere Pollenschläuche, welche durch den Griffelkanal in die

Fruchtknotenhöhle hineinwachsen, durch die Mikropyle der Samenknospe zum Knospenkern und zu den Eizellen vordringen und diese zum Samen (Embryo) umgestalten. Die befruchtete Eizelle umhüllt sich mit einer Haut, entwickelt den Embryoträger, den Keimling und das Keimblatt unter gleichzeitiger Entstehung von Sameneiweiß (Endosperm) und Bildung der Samenschale aus der Knospenhaut. Bei den Bedecktsamern tritt vor der Befruchtung Eiweißbildung nicht ein. (Unterschied von den Nacktsamern.) Gleichzeitig mit dem Samen entwickelt sich der Fruchtknoten zur Frucht.

Zur Befruchtung muß also der Pollen auf die Narbe gelangen. Bei Zwitterblüten kann dies beim Ausstäuben des Pollens leicht unmittelbar geschehen und so Befruchtung eintreten (Selbstbestäubung, wie z. B. beim Raps, Lein 2c.). Vielfach wirkt der Pollen jedoch nur dann befruchtend, wenn er von einer andern Blüte kommt; daher muß bei einer großen Zahl Zwitterblüten, ebenso bei den eingeschlechtlichen Blüten eine anderweitige Übertragung von Blütenstaub, eine Fremdbestäubung, stattfinden. Dieselbe besorgen der Wind und die Insekten. Durch den Wind erfolgt die Übertragung z. B. bei den Getreidearten; durch die Insekten bei denjenigen Pflanzen, deren Blüten sich durch Größe, Farbe, Geruch, reiche Honigabsonderung auszeichnen. Sie besuchen diese Pflanzen, um sich von deren Pollen zu ernähren, den Honig zu saugen. So wird der Wiesensalbei (Salvia pratensis) von der Hummel besucht; dieselbe steckt ihren Kopf in die Röhre einer jungen Blüte, schiebt dadurch die 2 Platten der Blumenkronenröhre, die an der Basis der Staubgefäße sitzen, auseinander und bei Seite, dreht damit die Staubgefäße und bestäubt ihren Rücken an den Beuteln. So fliegt sie auf eine andere Blüte und berührt mit ihrem Rücken die Narbe, auf welcher der Pollen hängen bleibt. Ähnlich erfolgt die Bestäubung beim Klee; ja bei den Orchideen sind es ganz bestimmte Insekten, welche die Übertragung besorgen. Die Blüten, bei denen Selbstbestäubung nutzlos, ja nachteilig und Fremdbestäubung zur Erhaltung der Art notwendig ist, haben häufig Einrichtungen, welche jene unmöglich machen. Ein Beispiel bieten die verschiedengriffeligen Primeln. Bei denen mit langen Griffeln stehen die Antheren tief unter der Narbe.

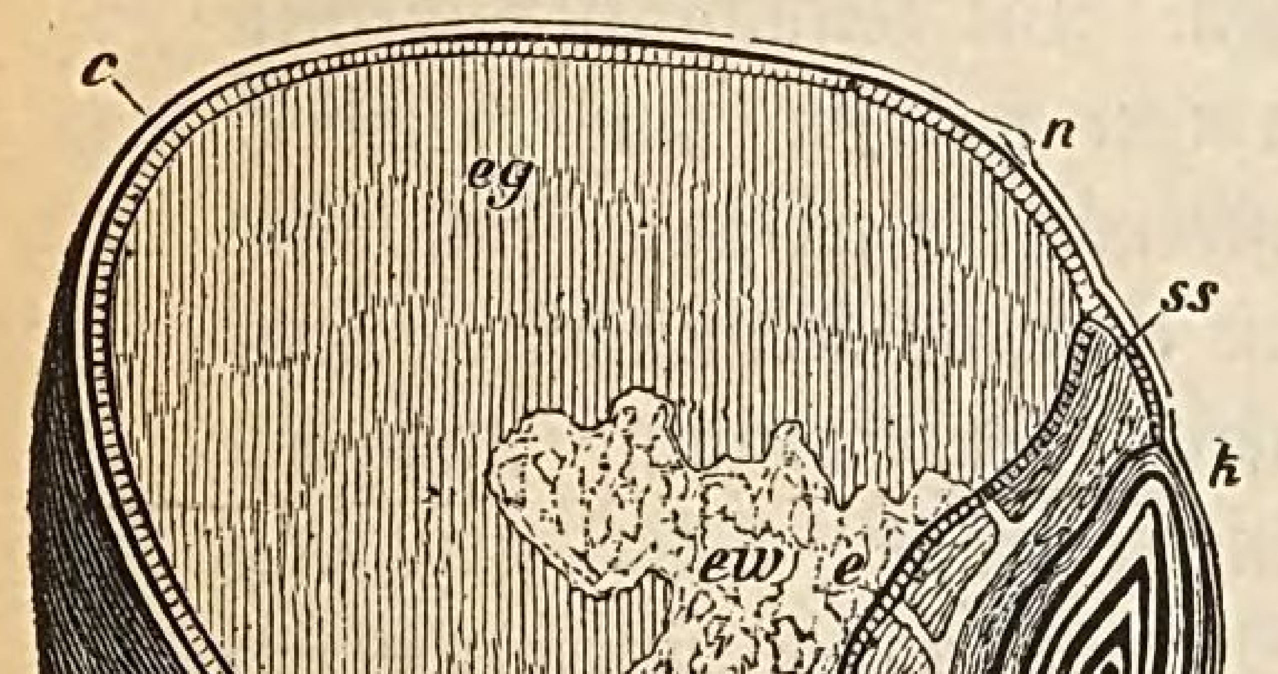
Die Keimung des Samens (Fig. 15, 15a) beginnt mit Streckung des Keimblattes und Hervorschiebung der Hauptwurzel, die jedoch bald zu wachsen aufhört und durch aus der Achse (dem Wurzelstock) entspringende Nebenwurzeln ersetzt wird. Das Keimblatt entwickelt sich zu einem scheidenförmigen Niederblatt oder sofort zum ersten grünen Laubblatt. Die Keimachse verlängert und verstärkt sich zum Hauptstamm (Stengel, Schaft), der aufrecht oder kriechend (als Rhizom) sich ausbildet und zunächst stets die Form eines umgekehrten Kegels hat; oder sie ist stark verkürzt und bildet eine Knolle oder Zwiebel; oder endlich sie geht zu Grunde, nachdem Seitensprossen entstanden sind. Der entwickelte Stamm zeigt auf dem Querschnitte zerstreut liegende, unverbundene, geschlossene Gefäßbündel. Fig. 16. Die Blätter stehen meist spiralig und bilden häufig Rosetten; sie sind gewöhnlich oder zum Teil stengelumfassend, also unten scheidig, parallelnervig, die Spreite länglich, ganzrandig, einfach. Die Blüten sind meist 3gliedrig und bestehen aus 5 alternierenden Blattquirlen: dem äußern und

Fig. 14.



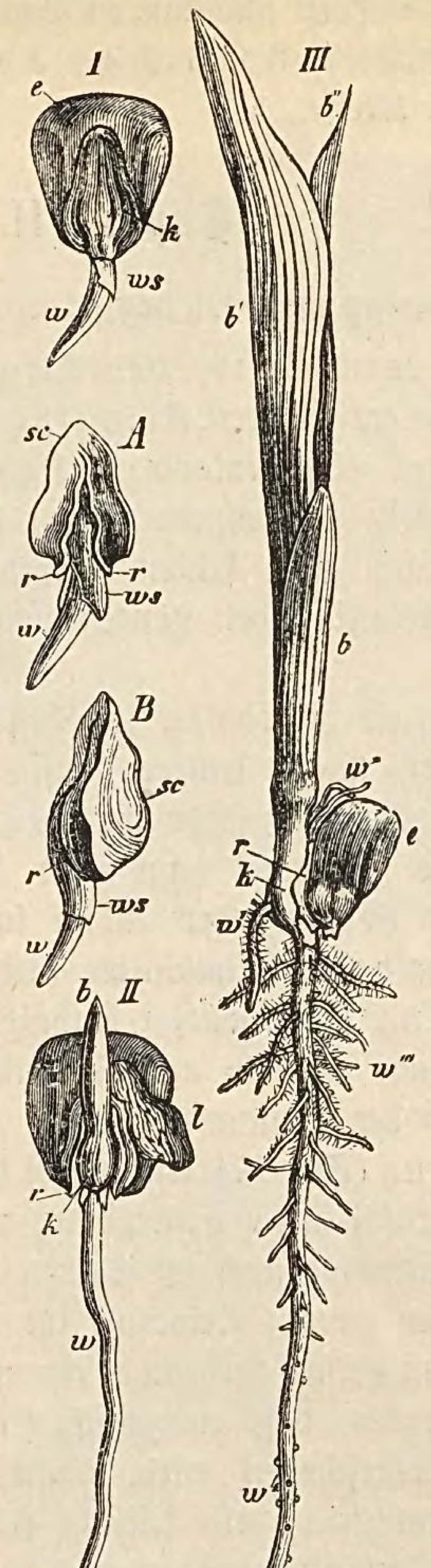
Blütenschema der Mono- u. Dikotyledonen.
Ke Kelch, K Krone, f Filament, a Anthere mit je 2 Pollensäcken, welche gerissen sind und die Pollenkörner entlassen. Dieselben gelangen auf die Narbe n und treiben den Pollenschlauch ps durch den Griffel in die Höhlung des Fruchtknotens F zur Samenknospe S. i deren Integument, em Embryosack, E Eizelle.

Fig. 15.



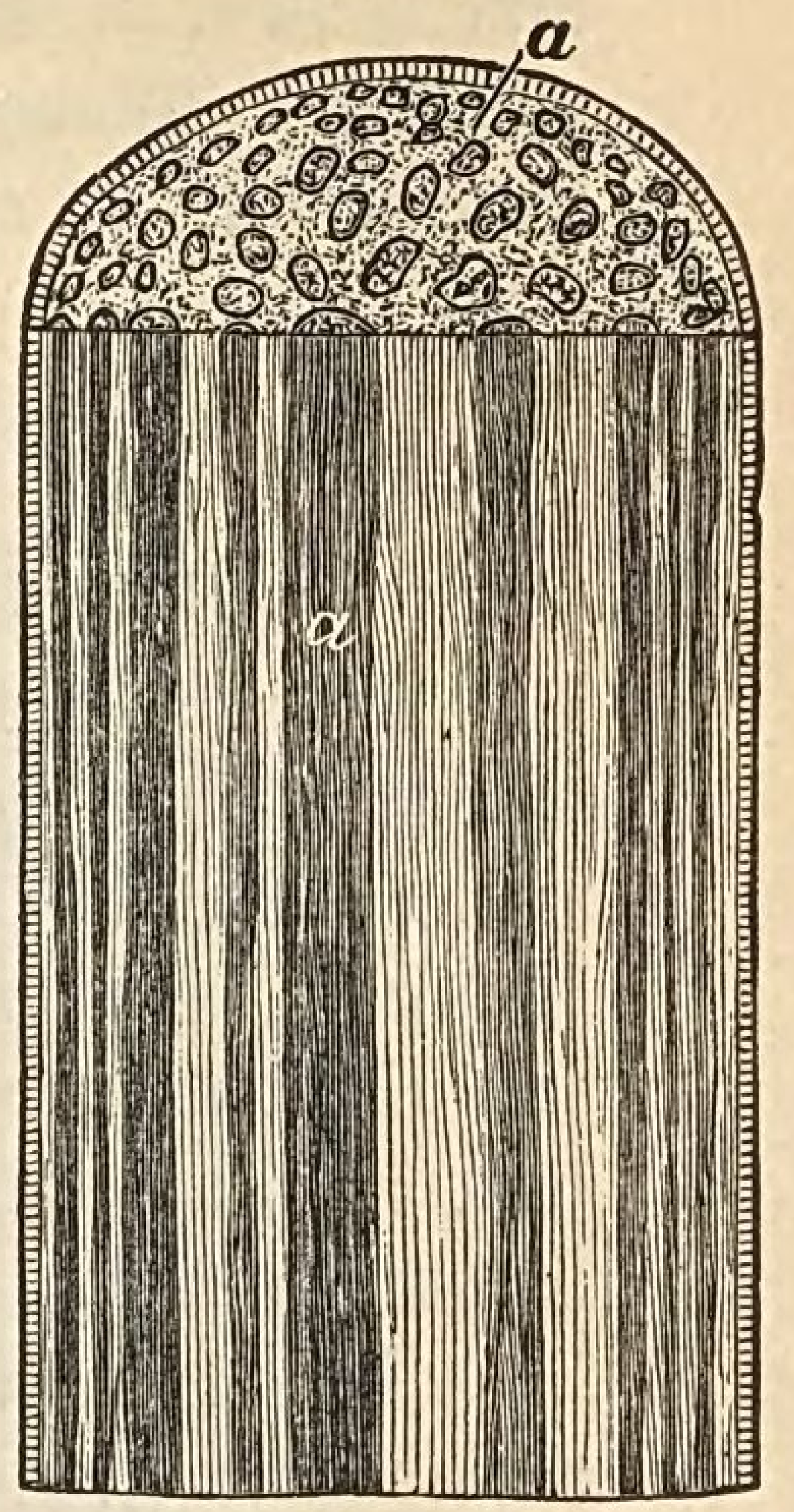
Längsschnitt der Frucht (Caryopse) von Zea Mays. (6mal vergr.).
c Fruchtschale, fs Basis der Frucht, eg fester, ew weicher Teil des Endosperms, sc Keimblatt, ss dessen Spitze, k Knospe des Keimpflänzchens, w Wurzel, ws Wurzelscheide, st Stämmchen des Keimes.

Fig. 15 a.



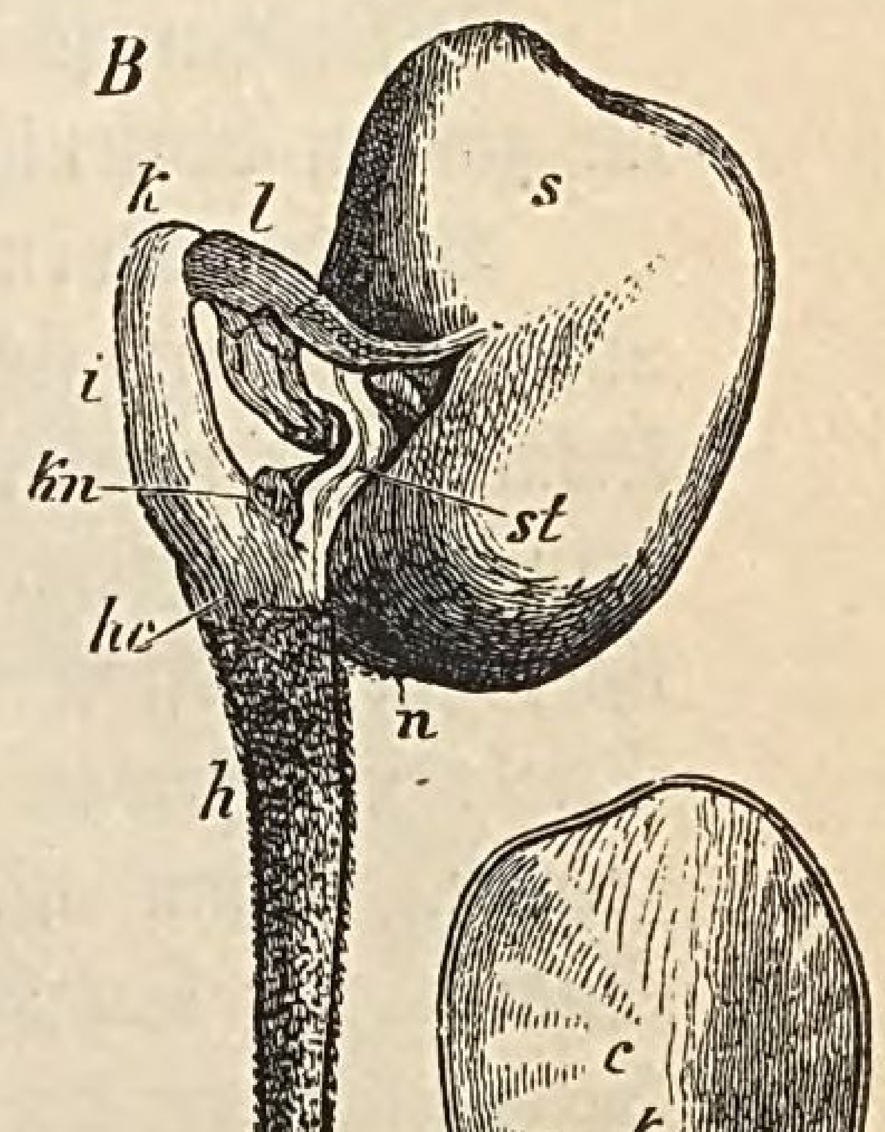
IA u. B **Keimung des Maiskornes.**
k Keimknospe, sc Schildchen, w Würzelchen, ws Wurzelscheide.
II **weiter vorgeschritten.**
b heraustretendes Keimblatt.
III **Keimpflanze** mit den ersten Blättern, e Endosperm, b Keimblatt, unter dem Boden bleibend, b' b'' größere Blättchen, w Wurzel mit Nebenwurzel w', aus der Stengelbasis hervortretend.

Fig. 16.



Quer- und Längsschnitt eines monokotylen (Palmen-) Stengels.
a Gefäßbündel. Der Peripherie zunächst kleinere, zahlreiche, dichter gedrängt. Gegen das Centrum hin wenigere, größere.

Fig. 17.



Keimung der Bohne
(Vicia faba).
A reifer Same nach Wegnahme eines Keimblattes, s Samenschale, c Keimblatt, kn Blattknospe, w Wurzelende, B Keimung des Lappens i, h Hauptwurzel, ws deren Spitze.

innern Perigon, dem äußern und innern Staubblattwirtel und einem Fruchtblattkreis. Blütentypus: K 3 C 3 A 3 + 3 G 3 (+ 3). Häufig verkümmern einzelne Glieder oder Kreise.

Typus VII.

Zweisamenlapper, Dicotyledoneae.

Am höchsten entwickelte, bedecktsamige (angiosperme) Samenpflanzen. Der Same enthält den Keimling (Embryo) und zwei gegenüberstehende Keimblätter (Samenlappen, Kotyledonen, daher Zweisamenlapper). Sameneiweiß (Endosperm) kann in größeren Mengen vorhanden sein (Umbelliferen) oder ganz fehlen (Kompositen, Leguminosen), in welch' letzterem Falle der Keimling den ganzen von der Samenschale umschlossenen Raum einnimmt.

Der Keimling ist gewöhnlich in Achse und 2 gegenüberstehende erste Keimblätter gegliedert, welch' letztere häufig dick und fleischig sind und die Hauptmasse ausmachen, so daß jener nur als zapfenförmiges, kleines Anhängsel erscheint. Die Achse (Stamm) zeigt über den Keimblättern entweder eine mehrblättrige Knospe (Vicia) oder endigt in einen nackten Vegetationskegel (Cucurbita). Unterhalb der Keimblätter bildet sie eine Verlängerung, deren Endstück die Anlage zur Hauptwurzel enthält.

Befruchtungsorgane (Staub- und Fruchtblätter) und Befruchtung gleichen im ganzen denjenigen der Einsamenlapper.

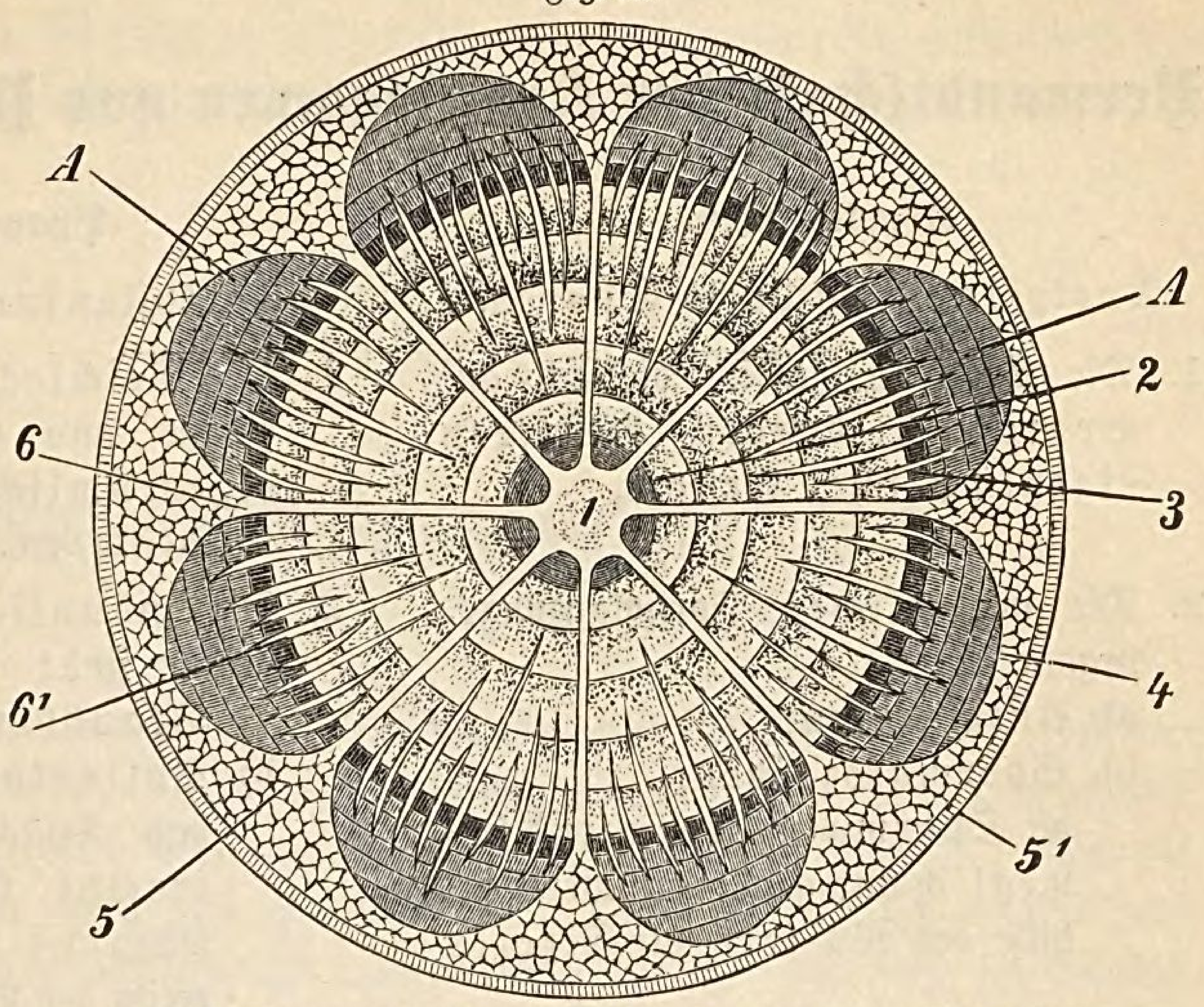
Bei der Keimung (Fig. 17) tritt zuerst die Wurzel (Hauptwurzel) heraus und verlängert sich rasch unter Entsendung von Nebenwurzeln, während ihre Keimblätter und Keimknospe noch im Samen liegen. Die Keimblätter bleiben entweder während der ganzen Keimung im Samen stecken, um, nachdem ihr Nahrungsstoff vom Keime verbraucht ist, abzusterben, in welchem Falle ihre Stiele sich soweit strecken, daß die zwischen ihnen liegende Keimknospe zuerst getrennt, dann hinausgeschoben wird, dann aufrecht emporwächst und den Samen mit den Keimblättern als seitliche Anhängsel trägt. Oder, was das Gewöhnlichere, die Keimblätter treten aus der Samenschale, entwickeln sich weiter und bilden die ersten einfachen, grünen Laubblätter der jungen Pflanze.

An der Keimpflanze bildet sich entweder die erste Hauptachse zum Hauptstamm und erzeugt Seitensprossen, in welchem Falle sich auch die Hauptwurzel zur Pfahlwurzel mit Seitenwurzeln entwickelt; oder dieselbe hört auf zu wachsen, dagegen entsteht aus einem nächsten Seitensproß der Hauptstamm, der sich, indem die schwächeren Seitenzweige zu Grunde gehen, zur Baumkrone des Baumes ausbildet. Auch mehrere Seitensprossen können sich gleich stark entwickeln, wie bei den Sträuchern. Rhizome, Ausläufer, Seitenwurzeln versorgen dann die Seitenachsen mit Nährstoffen.

Der Stamm läßt schon in der Jugend 3 Zonen erkennen: in der Mitte die Marksäule, um diese einen Ring von Gefäßbündeln, außen umgeben von

der aus Zellen und Fasern bestehenden Rinde. Die Gefäßbündelstränge sind kreisförmig angeordnet und **nicht geschlossen**; die Holzgewächse zeigen die Jahresringe mit einer Holz und Bast scheidenden **Bildungsschicht** (Cambium), welche auf der Rindenseite Bast, auf der Markseite Holz entwickelt. Fig. 18, 18a.

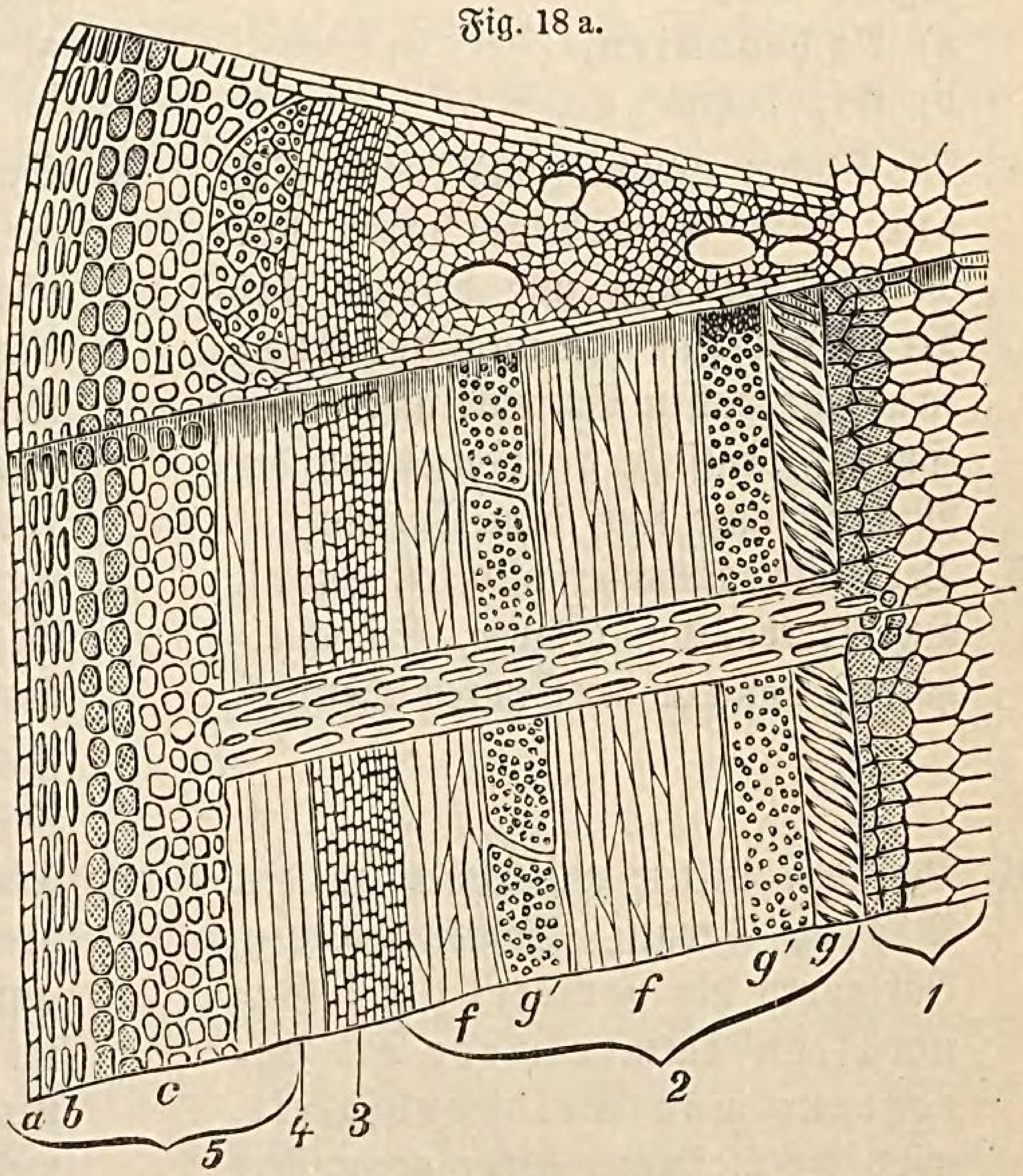
Fig. 18.



Querschnitt eines 3jährigen Dikotylen-Stengels (schematisch).
A Gefäßbündel, 1 Mark, 2 Holz, 3 Cambium (Lebensring), 4 Bast, 5 Rinde, 5[1] Oberhaut, 6 primäre Markstrahlen, 6[1] sekundäre Markstrahlen.

Die **Blätter** zeigen nach Form und Stellung die größte Mannigfaltigkeit. Die Laubblätter stehen quirlig oder spiralig, zeigen Stiel und Spreite, letztere mit netzartiger Nervatur; sie sind selten ganzrandig, häufig zusammengesetzt, haben Nebenblätter.

Fig. 18 a.



Quer- und radialer Längsschnitt eines Dikotylen-Stammes.
1 Mark, 2 Holz (g Spiralgefäße, g' punktierte Gefäße, f Holzzellen), 3 Cambium, 4 Bast, 5 Rinde (c innere zellige Rinde, b Korkschicht, a Oberhaut), 6 Markstrahl.

Die **Blütenteile** sind meist in **Kreisen** (**cyklisch**) angeordnet, die Kreise **fünfgliedrig**. Gewöhnlich sind 4 Kreise vorhanden, ein in **Kelch** und **Krone** geschiedener **Kreis** von Blütenhüllen, das Andröceum und Gynäceum; fehlt die Krone, so heißen die Blüten apetale. Zahl und Stellungsverhältnis der Blütenteile sind sehr mannigfach, sie lassen sich nicht auf einen Typus zurückführen. Für die Mehrzahl der Blüten gilt die Formel: $Kn\ Cn\ An\ (+n+..)\ Gn\ (-m)$, wobei n meist $= 5$ (oder 4). Nicht selten finden sich Verwachsungen

der Glieder eines oder mehrerer Blütenkreise (Verwachsenblättrige, Gamopetalae, zum Unterschiede von den Getrenntblättrigen, Eleutheropetalae).

Verwandtschaft der Kryptogamen und Phanerogamen.

Kryptogamen.	Phanerogamen.
Fortpflanzung durch Sporen.	Fortpflanzung durch Samen.
1. Die Sporen stehen vielfach auf Sporen bildenden Blättern eigentümlicher Gestalt.	1. Die Geschlechtsorgane (Staubgefäße und Stempel) stehen auf eigentümlich gestalteten Blütenblättern.
2. Die männlichen Fortpflanzungsorgane sind: a) Antheridien, b) Spermatozoiden, die Spermatozoiden sind beweglich und gelangen unter Mithilfe des Wassers zur Eizelle.	2. Die männlichen Fortpflanzungsorgane sind: a) Staubbeutel, b) Pollenkörner, das Pollenkorn gelangt durch fremde Kräfte (Wind, Insekten ꝛc.) auf den Stempel und treibt den Pollenschlauch durch die Mikropyle zur Eizelle.
3. Die weiblichen Fortpflanzungsorgane sind: a) Archegonien, b) Eizellen.	3. Die weiblichen Fortpflanzungsorgane sind: a) Samenknospen. b) Eizellen.
4. Die Sporen (Keimkörner) lösen sich aus dem Gewebeverband der Mutterpflanze und bringen das Prothallium erst nach der Aussaat zur vollen Entwickelung. Der Embryo entsteht getrennt von der Mutterpflanze (auf dem Vorkeim).	4. Same mit Endosperm und Embryo bleibt zunächst auf der Mutterpflanze und trennt sich erst bei der Reife von derselben; bei der Keimung entwickelt sich der Embryo zunächst auf Kosten des Endosperms.
5. Der Geschlechtsunterschied tritt zuerst am Prothallium (Farne, Schachtelhalme), dann an den Sporen schon auf.	5. Der Geschlechtsunterschied tritt in der Verschiedenheit von Embryosack und Pollen, Samenknospe und Pollensack männlicher und weiblicher Blüten schon auf.
6. Von den Pilzen und Algen zu den Moosen, Farnen, Schachtelhalmen, Bärlappen hin verliert die 1. Generation immer mehr an Bedeutung und Selbständigkeit, wird die 2. immer höher organisiert und tritt in den Vordergrund. Bei den Pilzen tritt die 1. Generation als vegetierende Pflanze auf.	6. Die 1. Generation tritt gar nicht mehr als selbständige Pflanze auf, sondern erscheint als Gewebsmasse im Befruchtungsorgane der 2. Generation, nämlich als Endosperm, welches neben dem Embryo die Samenschale ausfüllt; die 2. Generation bildet die vegetierende Pflanze.

Von den niedrigsten Kryptogamen bis zu den Phanerogamen aufsteigend giebt sich eine immer vollkommenere Organisation und Ausbildung der Glieder und Gewebe zu erkennen, hervorgebracht durch die Mannigfaltigkeit der Lebensweise und weitergehende Arbeitsteilung im Dienste des Pflanzenleibes.

---

2. Pflanzenverteilung auf der Erde.

Die den charakterisierten Gruppen angehörigen Pflanzenarten bilden das „Kleid" der Erde, welches sie jahraus, jahrein vom Pol bis zum Äquator, vom Grunde des Meeres bis zum höchsten Bergesgipfel anzieht. Überall, wohin der Mensch zu Land und zu Wasser vorgedrungen ist, hat er eine bald üppige, bald dürftigere Vegetation angetroffen. Selbst die von den Polarfahrern (Nares, Weyprecht und Payer) erreichten höchsten Breiten von Grönland (82—83° n. Br.) zeigten ein ausgebreitetes Pflanzenleben von Flechten, Moosen und Blütenpflanzen; die Gipfel der Hochgebirge überziehen sich an den über ewigen Schnee hinausragenden, steilen Felsen mit Flechten; in den lichtlosen Höhlen und Bergwerksschachten gedeihen die Pilze, in den Tiefen der Meere die Algen und Tange; die trockenen Wüsten der heißen und gemäßigten Zonen zeigen eine der Dürre wunderbar angepaßte Vegetation.

Der Reichtum an Gewächsen ist ein ungemein großer. Man schätzt die Zahl der beschriebenen Pflanzenarten gegenwärtig auf etwa 122000, nämlich 85000 Phanerogamen und 37000 Kryptogamen. A. v. Humboldt glaubt die Zahl der Phanerogamen überhaupt auf 3 bis 400000 Arten annehmen zu müssen. Die Individuenzahl der Arten entzieht sich jeder Schätzung. Einzelne Arten treten gesellig und oft in ungeheuren Massen auf, wie z. B. die Gräser, Holzpflanzen, Moose, Tange ꝛc., andere vereinzelt und zerstreut. Manche, wie z. B. das Gänseblümchen, die Brennessel, der schwarze Nachtschatten, das Hirtentäschel sind über einen großen Teil des Festlandes verbreitet; andere treten nur an bestimmten Stellen auf, die nicht selten durch weite Meere, Gebirge u. dergl. von einander getrennt sind. So z. B. werden gewisse Pflanzen Lapplands auf den Bergen Schottlands und Nordamerikas, ebenso in den Alpen und Pyrenäen angetroffen.

Nicht selten verleihen gewisse Pflanzengruppen oder **Vegetationsformen** der Gegend ein eigentümliches Gepräge; ihr Einfluß auf das landschaftliche Bild, auf die Physiognomie, ist so bedeutend, daß durch die Menge, Form und Anordnung der Charakter derselben bestimmt wird.

Zu diesen physiognomisch tonangebenden Pflanzenformen sind (nach A. v. Humboldt und Griesebach) zu rechnen:

I. Baumformen:

A. Bäume mit einfachem Stamm:

1. Bananen 2. Palmen 3. Farnbäume	die Blätter sind	1. breit und ungeteilt. 2. einmal geteilt. 3. mehrfach geteilt.

B. Bäume mit belaubter, verzweigter Krone:

4. Nadelhölzer 5. Lorbeerform 6. Olivenform	Blätter starr, immergrün, ungeteilt.	4. Blatt nadelförmig. 5. Blatt breit, glänzend grün. 6. Blatt schmal.
7. Buchenform 8. Weidenform	Blätter ungeteilt, biegsam, periodisch	7. Blatt breit. 8. Blatt schmal.

9. Lindenform, Blätter gerundet oder handförmig geadert.
10. Eschenform, Blätter einmal gefiedert.
11. Mimosenform, Blätter doppelt gefiedert, Blattfläche klein.

II. Sträucher: vom Boden aus verzweigte Holzgewächse.

1. Heidekräuter (Erikenform): nadelförmig, starr, immergrün. (Krummholzform.)
2. Dornsträucher, Blätter durch Dornenbildung in der Entwickelung gehemmt.
3. Zwergpalmen. Laubrosette von geteilten Blättern auf verkürztem oder unterdrücktem Stamm.

III. Schlinggewächse.

1. Lianen: holzige Schlingpflanzen mit netzadrigen Blättern.
2. Rotangpalmen: holzige Schlingpflanzen mit Palmblättern.
3. Convolvulusform: Schlingpflanzen ohne Holz.

IV. Kräuter.

1. Zwiebelgewächse: Stengel nackt, Blattrosette am Boden, perennierend durch unterirdische Zwiebeln oder Knollen.
2. Farnkräuter: Blattrosette ohne Stengel, Blätter mit frei im Gewebe endenden Adern.

V. Gräser.

1. Wiesengräser: Rasen aus biegsamen Blättern.
2. Steppengräser: Rasen aus starren Blättern.
3. Savannengräser: Rasen von hohem Wuchs.
4. Riedgräser: Halm ohne Knoten.
5. Rohrgräser: Halm hochwucherig, mit entferntstehenden Blättern.

VI. Zellenpflanzen.

1. Laubmoosform: Grüne Blätter.
2. Erdlichenenform: Nichtgrüne Zellenpflanzen ohne Belaubung.

Schon eine oberflächliche Beobachtung zeigt eine große Verschiedenheit in der **Verteilung** der Pflanzen auf der Erde. Während in den Ebenen und auf den Abhängen unserer Gebirge hochstämmige Wälder, Obsthaine und allerlei Nahrungspflanzen gedeihen, sind hohe Gebirgsrücken nur spärlich von Gras und Kräutern bewachsen, und die höchsten Gipfel sind gänzlich kahl oder

zeigen nur höchst dürftige Flechten- und Moos-Vegetation. Der Reisende, welcher weite Länderstrecken vom Äquator nach dem hohen Norden durchreist, gelangt aus feuchtwarmen Ländern mit üppigster Palmen- und Farnen-Vegetation in weniger warme mit geringerem Reichtum an Gewächsen anderer Art, zuletzt in kalte, wo mit der dürftigen, grauen Steinflechte der Pflanzenwuchs gänzlich aufzuhören droht.

Neben Boden, Feuchtigkeit und Luft ist eine der Hauptbedingungen für das Leben der Pflanzen die **Wärme.** Von ihrer Menge und von der Höhe der Temperatur im allgemeinen und zu gewissen Zeiten hängt die Entwickelung der Pflanzenwelt überhaupt, hängt das Gedeihen oder Verkümmern und Absterben der verschiedenen Pflanzenarten ab.

Hieraus erklärt es sich, daß andere Pflanzenarten wachsen in der heißen als in der kalten Zone, am Fuße der Hochgebirge als auf deren Gipfel, erklärt es sich, daß die Vegetation der Erde abhängig ist von der geographischen Breite und der Erhebung über den Meeresspiegel: denn in beiden Fällen findet eine Abnahme der Wärmemenge und der Wärmeintensität statt.

Mit Recht hat man daher, entsprechend den Wärmegürteln, die Erde in Pflanzenzonen und, entsprechend der vertikalen Erhebung über den Meeresspiegel, in Pflanzenregionen eingeteilt, die sich durch eine charakteristische Vegetation auszeichnen.

I. Pflanzenzonen.

1. Äquatorial-Zone.

Region der **Palmen und Bananen.**

Breitegrade 0—15. Mittlere Jahrestemperatur 26—28° C. (nach Dove). Mittlere Sommertemperatur 26—28°.

Pflanzenwuchs erreicht, von Wärme und Feuchtigkeit begünstigt, die größte Mannigfaltigkeit und Üppigkeit. Urwälder mit den schönsten Baumgeschlechtern (Palmen, Brotfrucht- und Wollbäume, Schmetterlingsblütler, Lorbeeren, Ebenhölzer). Zahllose Schlinggewächse (Lianen) machen das Dickicht des Waldes undurchdringlich. Baumstämme geschmückt mit zierlichen Farnen, buntblühenden und duftenden, eigentümlich geformten Orchideen, kolbenblütigen Aroideen. Der Boden überdeckt von blühenden Gesträuchen, Gewürzschilfen, Farnen, eigentümlichen Wurzelschmarotzern.

Kulturpflanzen: Zuckerrohr.

(Ausnahmen bilden: die Llanos am Orinoco, Campos Brasiliens Wüsten Afrikas).

2. Zwei tropische Zonen.

Regionen der **Farne und Feigen.**

Breitegrade 15—23 (nördlich und südlich). Mittlere Jahrestemperatur 25—27°. Mittlere Sommertemperatur 21—25°.

Pflanzenwuchs ähnlich der Äquatorialzone mit neuen Arten: baumartige Farne, Gräser. Palmen, Bananen, Orchideen. An den

Küsten Mangrovewälder, im Binnenlande Feigenbaumwälder. Sumpfige Gebüsche (Dschungeln).

Kulturpflanzen: Reis, Baumwolle, Kaffee, Thee, Kakao.

3. Zwei subtropische Zonen.

Region der **Myrten und Lorbeeren.**

Breitegrade 23—34 (nördlich und südlich). Mittlere Jahrestemperatur 18—24°. Mittlere Sommertemperatur 17—21°.

Reichtum an Bäumen mit dicken, lederartigen, glänzenden Blättern. Jahreszeiten beeinflussen das Pflanzenleben, das auf der nördlichen und südlichen Halbkugel der alten und neuen Welt sich verschieden gestaltet.

Kulturpflanzen: Reis, Dattelpalme, Mais, Tabak.

4. Zwei wärmere, gemäßigte Zonen.

Region der **immergrünen Laubwälder.**

Breitegrade 34—45 (nördlich und südlich). Mittlere Jahrestemperatur 10—18°. Mittlere Sommertemperatur 8—17°.

Nördliche Halbkugel: Immergrüne, verschiedenartige Laubhölzer (Oliven, Myrten, Lorbeer, Orangen, Zwergpalmen, Eichen), Reben, dornige Rosen, Lippenblütler und Nelken. Asien und Nordamerika: ausgedehnte Steppen (Prairien). Südliche Halbkugel: Teils immergrüne, teils sommergrüne Laubhölzer, strauch- und baumartige Gräser und Farne.

Kulturpflanzen: Weizen, Mais, Reis, Wein.

5. Zwei kältere, gemäßigte Zonen.

Region der **sommergrünen Laubhölzer.**

Breitegrade 45—58 (nördlich und südlich. Mittlere Jahrestemperatur 0—14°. Mittlere Sommertemperatur 6—8°.

Nördliche Halbkugel: Laubwälder aus Buchen und Eichen mit Epheu, neben Fichten- und Tannenwäldern mit Hopfen. Haselnuß. Ausgedehnte Wiesen (Dolden- und Kreuzblütler), große Heiden, Torfmoore, Steppen. Südliche Halbkugel: Immergrüne Laubwälder, Zwergwälder von Sträuchern; Wiesen, Heiden und Torfmoore mit großen Gräsern.

Kulturpflanzen: Roggen, Weizen, Obstbau.

6. Zwei subarktische oder kalte Zonen.

Region der **Nadelhölzer.**

Breitegrade 58—66 (nördlich und südlich). Mittlere Jahrestemperatur 0 bis 9°. Mittlere Sommertemperatur 4—6°.

Nadelhölzer, Birken und Weiden vorherrschend; an der Südgrenze beginnen Buchen, Äpfel, Kirschen, Birnen. Südliche Halbkugel: Charakter der Polarzone.

Kulturpflanzen: Wenig Getreidebau, einzelne Gemüsepflanzen.

7. Zwei arktische Zonen.

Region der **Alpensträucher.**

Breitegrade 66—72 (nördlich und südlich). Mittlere Jahrestemperatur —5 bis —10°. Mittlere Sommertemperatur 2—4°.

Grenze des Baumwuchses und der Kulturpflanzen. Nur wenig Bäume (Birken), zahlreiche Sträucher; Moose und Flechten überziehen große Flächen.

8. Zwei Polarzonen.

Region der **Alpenkräuter.**

Breitegrade 72—82 (nördlich und südlich). Mittlere Jahrestemperatur —5 bis —14°. Mittlere Sommertemperatur 1—2°.

Äußerst dürftiger, gleichförmiger Pflanzenwuchs; Stämme und Sträucher fehlen; kleine rasenbildende, spannenlange Kräuter mit kriechenden Wurzeln und großen Blüten.

9. Zwei Circumpolarzonen.

Region der **Schneealgen.**

Breitegrade 82—90 (nördlich und südlich. Mittlere Jahrestemperatur —14 bis —16°. Mittlere Sommertemperatur 1 bis —0,7°.

Das Festland ist fast ganz mit ewigem Schnee und Eis bedeckt; Schneealgen; an steilen, schneefreien Felsabhängen wachsen dürftige Flechten und Moose.

II. Pflanzenregionen.

Da die Wärme mit der Erhebung über die Erdoberfläche in ähnlicher Art abnimmt, wie die Wärme der Klimate vom Äquator nach den Polen hin, so tritt in höheren Gebirgen vom Fuße nach der Spitze auch eine ähnliche Verteilung der Pflanzen ein, wie diejenige vom Äquator zu den Polen hin. Dies läßt sich besonders auf den hohen Gebirgen der Äquatorialländer beobachten, und hat man, vom Meere ausgehend, (nach Humboldt) mit Bezug auf den Pflanzenwuchs, den 9 pflanzengeographischen Zonen entsprechend, 9 Höhenregionen zu unterscheiden, welche die Tafel S. 30 zeigt.

Für die Länder höherer Breiten vermindert sich natürlich die Zahl der Höhenregionen entsprechend; indes tritt die Verteilung doch deutlich hervor. So unterscheidet man für die Alpen (unter $45^3/_4$—$46^1/_2$° nördlicher Breite):

1.	Region	des	Weinbaues	bis	500 m.
2.	„	„	Getreidebaues	„	850 m.
3.	„	der	Buche	„	1300 m.
4.	„	„	Nadelhölzer	„	1700 m.
5.	„	des	Krummholzes	„	2000 m.
6.	„	der	Alpenrose	„	2200 m.
7.	„	„	Zwergweide	„	2300 m.
8.	„	„	Alpenkräuter	„	2500 m.
9.	„	„	Schneealgen	„	4000 m.

Vergleichende Darstellung der Pflanzenzonen und -regionen

nach A. Pokorny.

Höhenregion	über Meter	Mitteltemperatur nach A. Humboldt		Entsprechende Zonen	Breitegrade	Mitteltemperatur des Jahres nach Dove	Mitteltemperatur während der Vegetationszeit
IX.	5000	+1,5°	Schnee- oder Kryptogamen-Region	Circum-polar-zonen	82—90	—14,5 bis —16,5	1 bis —0,7
VIII.	4000	4,5	Alpenkräuter	Polar-zonen	72—82	—9,9 bis —14,5	2—1
VII.	3700	8,5°	Alpensträucher	arktische	66—72	—5,9 bis —9,9	4—2
VI.	3000	13°	Nadelhölzer	sub-arktische	58—66	0,3 bis —5,9	6—4
V.	2500	16°	Sommer-grüne Laubhölzer	kältere tem-perierte	45—58	10,4 bis 0,3	8—6
IV.	1900	16°	Immer-grüne Laubhölzer	wärmere tem-perierte	34—45	18,0 bis 10,4	17—8
III.	1300	21°	Myrten und Lorbeeren	sub-tropische	23—34	23,9 bis 18,0	21—17
II.	600	24°	Farne und Feigen	tropische	15—23	25,9 bis 23,9	26—21
I.	0	27,5°	Palmen und Bananen	äqua-toriale	0—15	28,5 bis 25,0	28—26

III. Sonstige Bedingungen der Verbreitung der Pflanzen.

Die Pflanzenzonen gewähren nur ein sehr allgemeines Bild über die Verteilung der Gewächse.

Zunächst ist dieselbe keineswegs derart, daß etwa jede Zone nur ganz bestimmte Pflanzenarten aufwiese und dieselben mit dem begrenzenden Parallelkreise ganz aufhörten, um neuen Arten Platz zu machen.

Die Nordgrenze des Getreidebaues sinkt im östlichen Teile Nordamerikas bis unter den 50° n. Br., während sie in Schweden und Norwegen über den 60° n. Br. hinausreicht. In den Küstengebieten Englands gedeihen südliche Pflanzen, als Lorbeer, Myrte, sehr gut und überwintern auch im Freien, während sie in Deutschland unter gleichem Breitengrade erfrieren. Dagegen reift der Weinstock in London niemals seine Trauben, obwohl derselbe während des Winters keines Schutzes bedarf, wie in Deutschland.

Der Grund dieser Erscheinung liegt 1) in der ungleichen Verteilung von Land und Wasser, welche eine ungleiche Erwärmung an verschiedenen Orten zur Folge hat, 2) in dem Wärmebedürfnisse der Pflanzen im allgemeinen und zu verschiedenen Zeiten.

An den Meeresküsten verringern, nach dem Innern des Landes vergrößern sich nämlich (aus Ursachen, deren Erläuterung in physikalischen Lehrbüchern nachzusehen) die Unterschiede zwischen Sommer- und Winterwärme, so daß an jenen kühle Sommer und milde Winter (Küstenklima), in Binnenländern dagegen heiße Sommer und kalte Winter (Binnenlandklima) auftreten. Hierdurch wird einerseits die gesamte mittlere Jahreswärme selbst der unter gleichen Breitegraden liegenden Küsten- und Binnenländer ungleich (die Jahresisothermen weichen von den Breitegraden ab), andererseits geschieht dasselbe mit der mittleren Sommer- und Wintertemperatur.

Nun verlangt jede Pflanzenart zu ihrer vollen Entwickelung von der Keimung bis zur Fruchtreife nicht nur eine bestimmte Wärmemenge, sondern dieselbe muß ihr für die verschiedenen Phasen ihrer Entwickelung auch in einem passenden Maße geboten werden.

Ihr Gedeihen ist also wesentlich abhängig von der mittleren Jahreswärme einerseits, der mittleren Sommer- und Wintertemperatur andererseits.

Die bei uns einheimischen Pflanzen z. B. beginnen im allgemeinen ihre Entwickelung erst bei einigen Graden über dem Gefrierpunkte, dieselbe erreicht dann bis etwa 25—30° C. ihre Höhe, um bei 30—45° C. wieder an Stärke abzunehmen und bei 50° ganz zu erlöschen.

In Gegenden also, wo die mittlere Wintertemperatur tief unter dem Gefrierpunkt liegt, müssen bei uns einheimische Pflanzen erfrieren; in solchen, wo die Sommertemperatur 25° nicht erreicht, können sie zwar wachsen, aber nicht zur völligen Reife gelangen.

Neben der allgemeinen Wärmeverteilung und dem Klima machen sich aber noch andere Faktoren geltend. Dies geht daraus hervor, daß selbst unter gleichen klimatischen Verhältnissen verschiedene Pflanzenarten und unter verschiedenen oft sehr ähnliche Pflanzenarten auftreten können. Australien,

Südamerika und Südafrika haben zwischen 25—35° südlicher Breite sehr ähnliche natürliche Verhältnisse, und trotzdem ist ihre Pflanzenwelt (Flora, ebenso die Tierwelt, Fauna) eine außerordentlich verschiedene. „Andererseits findet man allgemein in abgeschlossenen Land- und Meeresgebieten selbst bei größerer Verschiedenheit der natürlichen Verhältnisse eine auffallende Verwandtschaft und Ähnlichkeit der Pflanzen- (und Tier-) formen; ja, jeder Kontinent, jedes abgeschlossene Gebiet zu Land und zu Wasser hat seine eigentümliche Flora (und Fauna)."

In den Pflanzenarten (in den organischen Wesen überhaupt) liegt das Bestreben, sich bei ungehinderter Entwickelung bis ins Unbegrenzte zu vermehren. Eine einjährige Pflanze, wenn sie auch nur 2 Samen erzeugte, würde nach Linnés Berechnung in 20 Jahren bereits 1 Million Pflanzen liefern. Wie groß die Zahl der Nachkommen einer Mohnpflanze, die etwa 2000 Samenkörner erzeugt, in dieser Zeit sein würde, entzieht sich jeder Schätzung. Noch größer ist die Vermehrungsfähigkeit vieler Sporenpflanzen (z. B. der Pilze). Ihr zur Seite steht das Bestreben der Gewächse, sich von einem Punkte aus nach gewissen Richtungen zu verbreiten, sofern nicht natürliche Schranken (Meere, Gebirge ꝛc.), Mangel der Lebensbedingungen, Mitbewerb anderer Geschöpfe sie daran hindern. Diese Verbreitung oder Wanderung (Migration) der Pflanzen erfolgt teils durch in ihnen liegende, also eigene Kräfte und hierdurch gebildete Organe (oft durch Ausläufer, Wurzeln, Zwiebeln ꝛc.), besonders aber durch äußere Kräfte wie die Luft, das Wasser, die Tiere, den Menschen, durch welche Früchte, Samen, Sporen fortgetragen und an entfernten Stellen abgesetzt werden.

So vermögen beispielsweise die Meeresströmungen Früchte und Samen, ja ganze Stämme Tausende von Seemeilen fortzuführen, und, wie Darwin zeigte, behalten dabei die Samen lange Zeit ihre Keimfähigkeit.

Die absichtliche oder unabsichtliche Verbreitung der Pflanzen durch den Menschen steht hier obenan, insofern der Boden unserer Äcker, Gärten, Felder zum größten Teile mit Kulturpflanzen, also künstlich bevölkert worden ist. In Beziehung hierauf teilt man die Pflanzen in ursprüngliche oder einheimische (endemische) und in kultivierte oder gezüchtete ein.

Dieser Vermehrungs- und Verbreitungsfähigkeit der Pflanzen setzen sich Hindernisse entgegen, die teils im Individuum selbst, teils in der Außenwelt liegen. Nur dann, wenn die Pflanzen so organisiert sind, daß sie den ihnen feindlichen Verhältnissen erfolgreichen Widerstand entgegensetzen können, vermögen sie sich zu behaupten und zu verbreiten; ist dies nicht der Fall, so gehen sie zu Grunde. Diesen Mitbewerb jedes Lebewesens mit seinesgleichen (also den Individuen anderer Art), den Kampf mit physischen Einflüssen, dieses stete Ringen nach Raum und nach den Bedingungen der Existenz, welches mit dem Leben beginnt und mit dem Tode endigt, bezeichnet Darwin als „Kampf ums Dasein."

Das Ringen nach Raum, also die örtliche Verbreitung wird erschwert durch die Gestalt der Erdoberfläche und die Verteilung von Land und Wasser, welche der ungehinderten Vermehrung und Verbreitung der Pflanzen meist unübersteigliche Schranken entgegensetzen. Nicht minder wirken entgegen: der Boden, der häufig nicht diejenigen Nahrungsmittel und dieselben auch nicht in der Form bietet, welcher eine Pflanze zum Bestehen bedarf; das Klima (Licht, Wärme, Feuchtigkeit in passender Verteilung), dessen hervorragenden Einfluß wir bereits erkannten; die Tiere, welche von Pflanzennahrung leben; die Pflanzenarten unter einander, welche gleiche Bedürfnisse haben und sich gegenseitig beschränken. Der Mitbewerb (Konkurrenz) um Raum und Nahrung der lebenden Wesen unter einander ist besonders von Darwin aufgedeckt worden. Bei gesellig lebenden Pflanzen, z. B. den Buchen in einem Buchenwalde, kommen von Hunderttausenden von Sämlingen nur die kräftigsten fort; ein Boden, der längere Zeit mit derselben Frucht bebaut wird, vermag schließlich dieselbe nicht mehr zu erzeugen. Die Schmarotzer-Pflanzen (Pilze, Flachsseide 2c.) leben auf Kosten der Wirte und vernichten sie, die Kletterpflanzen umstricken die Bäume 2c. und hindern ihr Gedeihen. Eine große Zahl Tiere ist einzig auf Pflanzennahrung angewiesen und vernichtet ununterbrochen unzählige Individuen. Durch Rinder, Schafe, Ziegen, körnerfressende Vögel, das Heer der Insekten und Weichtiere kann die Vegetation weiter Länderstrecken geradezu vernichtet werden. Die Insel Helena war noch im 16. Jahrhundert mit Wald bedeckt. Die Europäer führten daselbst die Ziege und das Schwein ein, die sich in so übermäßiger Weise vermehrten, daß bald aller junge Baumnachwuchs zerstört und die Insel nach 2 Jahrhunderten völlig waldlos wurde. Andererseits werden die Tiere der Pflanzenvermehrung förderlich. Die meisten Zwitterblüten bedürfen zur Befruchtung, also der Übertragung des Pollens auf die Narbe, der Mithilfe der Insekten. 100 Stöcke Wiesenklee (Trifolium pratense) lieferten 2700 Samenkörner, wenn die Blüten durch die Hummeln besucht wurden; andere 100 Stöcke, die man gegen diesen Besuch schützte, gaben nicht ein Samenkorn. Bienen können diese Befruchtung beim Klee meist nicht besorgen, weil nur die Hummeln so tief in die Röhre der Blumenkrone eindringen können. Stürben dieselben also aus, so müßte der Wiesenklee in England aussterben. Die Hummeln werden nun aber von den Feldmäusen verfolgt, welche ihre Nester und Waben aufsuchen. Die Feldmäuse sind also indirekte Feinde des Wiesenklees. Die Hauskatze ist die Feindin der Feldmäuse, mithin eine Förderin zur Ausbreitung des Wiesenklees.

Die Folge, das Gesamtresultat des „Kampfes ums Dasein," d. h. aller Einflüsse, welche die Vermehrung und Verbreitung der Organismen hemmen oder fördern, muß schließlich ein gewisser Gleichgewichtszustand in der Lebewelt auf jedem einzelnen Gebiete der Erdoberfläche sein; jeder Pflanzen-, jeder Tierart kommt eine gewisse Stelle zu, die sie einhalten muß, und der gesamte Stand der Tier- und Pflanzenwelt muß sich bei gleichbleibenden Bedingungen im großen und ganzen bei längerer Zeitdauer wesentlich unverändert erhalten.

Das Resultat des „Kampfes ums Dasein" für das Individuum ist also entweder Untergang desselben oder Besiegung der entgegenstehenden Hindernisse und Behauptung seines Platzes. Dieser „Kampf ums Dasein" muß natürlich auf das Individuum selbst zurückwirken. Denn dasselbe kann sich nur behaupten, wenn es in seinen Lebenseigentümlichkeiten sich den veränderten Verhältnissen anbequemt oder anpaßt, und diese Anpassung muß schließlich

eine zwar langsame, aber fortlaufende Umgestaltung oder Veränderung der Form hervorrufen. Die veränderten Formen pflanzen sich dann fort und übertragen die im Kampfe ums Dasein erworbenen Charaktereigenschaften auf die Nachkommenschaft. Die Nachkommen erben dieselben von ihren Vorfahren. Anpassung und Vererbung sind also die beiden Lebensthätigkeiten, auf denen die Erhaltung und die langsame Umgestaltung der Lebewelt beruht. In welcher Weise beide wirksam sind, kann man recht gut an unseren Haustieren und Kulturpflanzen sehen. Dieselben stammen alle von wilden Arten ab. Indem der Mensch widerstandskräftige, mit gewissen Eigenschaften begabte Individuen zur Fortpflanzung auswählte und dieselben pflegte, erhielten sie neue, nutzbare Eigenschaften, entstanden Abarten mit ganz bestimmten Merkmalen und übertrugen dieselben auf ihre Nachkommen. (Künstliche Züchtung.) Ähnlich verfährt die Natur: nur lebenskräftige und widerstandsfähige Tiere und Pflanzen werden erhalten, verändert und fortgepflanzt. (Natürliche Züchtung, natürliche Auslese, natural selection nach Darwin.)

Die Zusammengehörigkeit der Gewächse abgeschlossener Erdstriche, die Verschiedenartigkeit getrennter Floren (und Faunen), die sich aus Klima, Boden, Nahrung und ähnlichen Lebensbedingungen nicht erklären läßt, wird nun nach Darwins Ansicht erklärlich, wenn man annimmt, daß jede Pflanzen- (und Tier-) art im Laufe der Zeiten nur an einem Orte der Erde, in ihrem sogenannten Verbreitungscentrum entstanden ist. Von dieser Urheimat aus erfolgte nun die Verbreitung durch Wanderung (Migration) nach Maßgabe der Konfiguration der Erdoberfläche, der Transportmittel, der eigenen Kräfte und des Kampfes ums Dasein.

„Bei dieser Wanderung wirkten zahlreiche Ursachen abändernd auf die Pflanze (oder das Tier) ein, und infolgedessen entstanden neue, verwandte Formen, neue Arten, welche nun in ähnlicher Weise wandernd und kämpfend vordrangen. Der Verbreitungsbezirk aller dieser ähnlichen und verwandten Arten hängt aber zusammen, und daher kommt es, daß nicht nur artenreiche Gattungen, sondern selbst Familien und Ordnungen häufig zusammenhängende Verbreitungsbezirke haben und bestimmten Land- und Meeresteilen eigentümlich sind. Je weiter die Art von ihrem Mittelpunkte gewandert ist, umsomehr unterscheiden sich ihre Nachkommen."

Wenn nun manche verwandte Arten in getrennten Verbreitungsbezirken auftreten, wobei eine Wanderung nach gegenwärtiger Konfiguration der Erdoberfläche ausgeschlossen ist; wenn die äußersten Hochgipfel der Alpen, Pyrenäen, des Kaukasus, des Himalaya, der Cordilleren, in ihrer Vegetation mit den nördlichsten Ländern der Erde merkwürdig übereinstimmen; wenn ferner die Flora (und Fauna) in den niederen Gegenden Großbritanniens und Irlands mit derjenigen des Festlandes von Europa übereinstimmt, — so müssen in der Vorzeit der Erde Verhältnisse obgewaltet haben, welche eine Verbindung der Polarländer mit den genannten Gebirgen, Englands mit dem Festlande und somit eine Verbreitung dieser Pflanzen (und Tiere) ermöglichten. Thatsächlich läßt sich nach Forbes nachweisen, daß Großbritannien mit dem Festlande infolge von Hebungen und Senkungen des Bodens wiederholt zusammengehangen hat und ebenso oft getrennt wurde. (Siehe Mineralogie.)

Hiernach kann es nicht überraschen, daß die natürlichen Verbreitungsbezirke der Pflanzen (und Tiere) ganz eigentümliche Grenzen haben, die weder mit dem geographischen Netz, noch mit der Konfiguration des Bodens, noch endlich mit den physikalischen Verhältnissen vollständig übereinstimmen. Diese natürlichen Gebiete zu bestimmen, ist in der Neuzeit eine der wichtigsten Aufgaben der Pflanzengeographie geworden. Gegenwärtig hat die von A. Grisebach aufgestellte Einteilung der Erde die meiste Anerkennung gefunden, die wir weiter unten in Kürze folgen lassen.

Die eben gemachten Beobachtungen und angestellten Betrachtungen ergeben nun folgende Hauptsätze.

1. Die über die ganze Erde verteilten Pflanzenarten treten teils gesellig, in großen Massen und über große Flächen verbreitet, teils vereinzelt auf.
2. Gewisse Pflanzengruppen oder Vegetationsformen drücken durch ihre Form, Menge und Anordnung der Gegend einen eigentümlichen landschaftlichen Charakter (Physiognomie) auf.
3. Die Verteilung der Pflanzen über die Erde folgt im allgemeinen derjenigen der Wärme, d. i. den Zonen und Erhebungen über den Meeresspiegel, da sie eine gewisse Menge Wärme und gewisse Temperatur zum Gedeihen bedürfen und beide für die einzelnen Arten verschieden sind.
4. Einen allgemeinen Überblick über diese Verteilung geben die 9 Pflanzenzonen und die ihnen entsprechenden Höhenregionen.
5. Die Verteilung ist aber noch abhängig vom Klima, welches wieder teilweise erzeugt wird durch die ungleiche Verteilung von Land und Wasser.
6. Da jede Pflanzenart zu ihrer vollen Entwickelung von der Keimung zur Fruchtreife einer bestimmten, auf ihre Entwickelungsphasen passend verteilten Wärmemenge und Temperatur bedarf, ist die Verteilung an die Linien gleicher mittlerer Jahreswärme (Isothermen), gleicher mittlerer Winter- und Sommerwärme gebunden.
7. Wärme, Klima und sonstige Lebensbedingungen (Bodenfeuchtigkeit 2c.) reichen nicht aus zur Erklärung der Thatsache, daß unter gleichen natürlichen Verhältnissen verschiedene Pflanzenarten und unter verschiedenen gleiche oder ähnliche gedeihen.
8. Die Zusammengehörigkeit der Gewächse abgeschlossener Erdstriche, die Verschiedenheit getrennter Floren (und Faunen) wird erklärlich, wenn man (mit Darwin) annimmt, daß jede Pflanzenart an einem Verbreitungscentrum entstand und von hier aus durch Wanderung (Migration) nach Maßgabe von Bodengestalt, Transportmittel, der eigenen Kräfte und des „Kampfes ums Dasein" sich verbreitete.
9. Bei dieser Verbreitung fand eine Anpassung und Veränderung der Arten, eine Vererbung von Eigenschaften auf die Nachkommen statt, auch mußte im Kampfe aller gegen alle Geschöpfe ein allen Verhältnissen entsprechender Gleichgewichtszustand auf der Erde eintreten.
10. Hiernach sind die Verbreitungsbezirke von Pflanzen (und Tieren) eigenartige, und es ist Aufgabe der Pflanzengeographie, ihre natürliche Abgrenzung und alle Faktoren, wodurch sie in der Gegenwart und in der Vorzeit hervorgerufen wurden, zu bestimmen.

Vegetationsgebiete der Erde.

Nach A. Grisebach.

1. **Arktisch-alpines Gebiet.** Umfaßt die Länder des hohen Nordens jenseits der Baumgrenze: europäisches Samojedenland, Nord-Sibirien, nördliche Hudsonbailänder, Inseln und Archipele des Polarmeeres, Grönland, Island; auch die alpinen Regionen zwischen Baum- und Schneegrenze der nördlich gemäßigten Zone. Reich der Moose und Saxifragen, auch ausdauernder Kräuter mit großen, hellgefärbten Blumen: Alpenkräuter, Alpensträucher; Schneealgen. Pflanzenkultur fehlt.

Tundren: weite, mit Moosen und Flechten bestandene Ebenen.

2. **Europäisch-sibirisches Waldgebiet:** bewaldetes Gebiet von Nord- und Mitteleuropa, Nordasien. Im Norden die Kälte, im Südosten das Steppenklima die Ursache des Waldmangels. Vegetationszeit über 3 Monate, gleichmäßige Mittelwärme und Verteilung der atmosphärischen Niederschläge. Reich der Dolden- und Kreuzblütler. Üppige Wiesen und herrliche Saaten, im Süden Wein- und Obstbau, Laubwälder, immergrüne Nadelwälder im Wechsel der 4 Jahreszeiten. Verschiedene Gebiete von Westen nach Osten: französisches (Kastanie), deutsches (Edeltanne), ungarisches (Cerris-Eiche), russisches (Laubwälder, Nadelhölzer), kamtschadalisches (Birke). Seeklima (Buche), Landklima (Eiche, Fichte, Lärche, Birke). Kulturpflanzen: Cerealien, Kartoffel, Obst und Wein.

3. **Mittelmeergebiet** (Mediterran-Gebiet). Mittelmeerländer. Milde Winter, regenlose Sommer, hervorgebracht durch Einwirkung der Sahara und durch hohe Gebirgsumwallung. Reich der Lippenblütler und Caryophylleen. Immergrüne Laubhölzer (Eichen) und Gesträuche; Charakterpflanzen durch die Kultur verbreitet, wie: Orangen, Ölbaum, Lorbeer, Myrte, Cypresse, Agave, Feigendistel. Infolge Verwüstung der Wälder ein Teil des Bodens unfruchtbar.

4. **Europäisch-asiatisches Steppengebiet.** Südost-Europa, dann Südwest-Asien bis östlich zum Amur. (Hochebenen Asiens). Baumlose Gras-, Sand- und Salzsteppe. In den Flußthälern die Kulturpflanzen des Mittelmeergebietes; Zwiebelgewächse und Doldenträger. Kulturpflanzen wärmerer Striche: Baumwolle, Sesam, Reis.

5. **Chinesisch-japanisches Gebiet.** Chinesisches Tiefland; japanische Inseln; vor Europa bevorzugt durch regelmäßigeren Verlauf der Jahreszeiten und Verteilung der Feuchtigkeit. Tropische Formen (Bambuse) reichen weit nach Norden. Ackerbau sehr begünstigt (China). Reich der immergrünen Sträucher (Camellien). Kulturpflanzen: Weizen, Baumwolle, Reis, Maulbeerbaum, Thee.

6. **Indisches Florengebiet.** Indische Halbinseln, Inseln zwischen Indien und Australien. Wachstumsperiode an die Regenzeit gebunden. Monsungebiet (Monsune, Moussons oder Wechselwinde). Jahreszeitenwinde, wehen periodisch im indischen Ocean, und zwar ½ Jahr (Oktober bis April) aus Nordwest, ½ Jahr (April bis Oktober) aus Südost; Landwind trocken, Seewind feucht. Große Wälder, Savannen, der Jungle (Dschungle). Zahlreiche Baumarten, Schlinggewächse, Orchideen. Kokos-, Sago-, Schirm- und Rotangpalmen, Farnbäume, Bambusgräser, Banianen, Mangroven. Savannen sind üppige Grasebenen mit lichten Waldungen; der Jungle sind undurchdringliche Dickichte von Bäumen und andern Holzgewächsen. Kulturpflanzen: Zuckerrohr, Kaffee, Reis, Baumwolle, Mohn, Gewürze.

7. **Wüstengebiet.** (Sahara). Regenloses Gebiet Nordafrikas in dem ungehemmt wehenden Passat. Nordafrika, Nordarabien, Südhindostan. Die Sahara

ist eine Hochfläche, etwa 500 m über dem Meere ohne atmosphärische Niederschläge, daher bald nackte Steinwüste (Hammada), bald Sandwüste aus Flugsand (Areg), von trocknen Thalschluchten (Wadi) und vereinzelten Oasen unterbrochen. Pflanzenleben nur ermöglicht durch seltene Gewittergüsse, Regen, Tau, durch aus den Nachbargegenden unterirdisch fortsickerndes Grundwasser, welches die Anlage von Brunnen und Quellen gestattet. Heimat der Dattelpalme. Blattlose Sträucher, Fettpflanzen, stechende Gräser.

8. **Sudan-Gebiet.** Mittelafrikanisches Gebiet. Das tropische Afrika vom 20° n. Br. bis 20° s. Br. Regenzeiten mit dem Zenithstande der Sonne zusammenhängend, sonst trockne Passatwinde. Das Pflanzenleben entwickelt sich periodisch. Reicher Tau, schroffe Temperaturwechsel, ungesunde Gegenden machen die Länder für den Einwanderer ungesund, daher die Pflanzen- und Tierwelt ihren ursprünglichen Charakter behielt. Savannen vorherrschend, mit 6—7 m hohen Gräsern. Wälder mit periodischem Laubfall. Riesige Stämme des Baobab, der Tamarinde, Sykomore, Dumpalme, Ölpalme, Euphorbienbäume.

9. **Kalahari-Gebiet.** Kleines Gebiet an der atlantischen Küste Südafrikas zwischen 20—29° s. Br. mit wasserlosen, daher wüsten, schwer zugänglichen Landschaften, die mit der Sahara verwandt. Savannen und Gesträuchsteppen, ohne Oasen und von Nomaden bewohnt. Eigentümliche Pflanzen, z. B. die Welwitschia mirabilis, deren 3—4 m umfassender Holzstamm in der Erde liegt und nur wenige Centimeter herausragt; Pflanze trägt zeitlebens nur 2 riesige, ausdauernde Blätter. Dornsträucher, Zwiebel- und Knollenpflanzen.

10. **Kap-Gebiet.** Südspitze Afrikas vom Oranjeflusse (Gariep) südlich. Stufenland (ähnlich Spanien) mit wunderbarem Reichtum an Gewächsarten, welche indes in dem trockenen Klima sich nicht üppig entwickeln. Zierliche Heidesträucher (Ericaceen), Proteaceen, Wolfsmilchgewächse, Lilien, Schwertlilien bilden das Gebüsch der Südwestseite. Im trockenen Hochlande herrschen dornige Akazien. Palmietschilf (Prionium), ein Binsengewächs, dessen Stengel so dicht stehen, daß sie gleich Schleusen den Lauf der Flüsse aufhalten. Wenig zum Ackerbau, wohl aber zur Viehzucht geeignet.

11. **Australien.** Nord-Australien hat tropisches Klima; Mittelaustralien, vom 19—29° s. Br., ist wüstes Land mit herrschendem Passat; Südaustralien ähnelt im Klima den Mittelmeerländern. Unregelmäßige Verteilung der Niederschläge erzeugt augenblickliche Hochfluten, die bald versiegen. Fast alle Küstenflüsse trocknen längere Zeit aus und lassen nur an tieferen Stellen allmählich verschwindende Wassertümpel (creeks) zurück. Es wechseln dürre Gegenden mit immergrünen Weideplätzen, Gestrüpp (scrub) und lichten Wäldern. Eigentümliche Pflanzenformen sind Gummibäume (Eucalyptus), Heidekräuter, Proteaceen, Myrten, Akazien, zahlreiche Knollengewächse, Palmen, Grasbäume.

12. **Nordamerikanisches Waldgebiet.** Breite Waldzone von der polaren Waldgrenze durch ganz Nordamerika im Westen bis zum 50° n. Br., im Osten bis zum 30° n. Br. Entspricht dem europäisch-sibirischen Gebiete, mit denselben Vegetationsformen, denselben Gattungen, aber verschiedenen Arten (stellvertretende oder vicarierende Art). Eigene Tannen (weiße Tanne vertritt die Fichte Europas), Lärchen, Kiefern, Buchen, Eichen, Pappeln, Birken. Im Norden Nadelwälder, weiter südlich sommergrüne Laubwälder, im südlichsten Teile auch immergrüne Laubwälder, tropische Formen und große Blumen. Kulturgewächse Europas, daneben im Südosten: Mais, Baumwolle, Zuckerrohr, Tabak.

13. **Nordamerikanisches Steppengebiet.** Prairien=Gebiet. Prairien sind baumlose Ebenen, erzeugt durch strenge Winterkälte und große Sommerdürre. Letztere wird hervorgebracht durch die Westwinde, welche, vom Stillen Meere kommend, über hohe Gebirgsketten (Kalifornien, Rocky Mountains) gehen und dort ihren Wasserdampf bereits kondensieren, daher trocken ankommen. Zwischen Winter und Sommer eine kurze Regenperiode, an welche sich eine Vegetationsperiode knüpft. Die auf die Hochgebirge fallenden Wassermassen speisen große Ströme (Zuflüsse des Missisippi, Colorado, Rio grande del Norte), welche der Bodenbewässerung nur wenig nützen, da ihre Läufe tief eingeschnitten sind (Schluchten, cañons). Im Nordwesten eine unfruchtbare Salzwüste mit Salzpflanzen. Einzelne Oasen (z. B. die von Utah, Heimat der Mormonen); im Nordosten die eigentliche Grassteppe (Heimat des Bisons); im Süden Agaven, Liliaceenbäume (Yucca), Kaktusformen, Mimosen.

14. **Kalifornisches Küstengebiet.** Nord=Kalifornien. Seeklima. Große Gleichmäßigkeit der Temperatur im Sommer und Winter, ähnlich dem Mittelmeergebiet. Reich an Pflanzenarten, besonders an Baumwuchs (Coniferen, Mammutbaum); Laubhölzer, immergrüne Sträucher. Kulturgewächse: Cerealien, Futtergewächse, Wein, Feige, Pfirsich.

15. **Mexikanisches Gebiet.** Teilt sich nach seiner Höhe in 3 Zonen:

Das Küstengebiet (Golfzone) mit Pflanzen der tropischen Zone, zunächst Grassavannen, dann Wälder mit immergrünen, tropischen Pflanzen (Palmen, Farnbäume, Lianen, Lilien, Orchideen [Vanille], Ananas.) Kultur des Kaffees, Pisangs und Zuckerrohrs.

Das mexikanische Hochland hat Wälder von Eichen= und Nadelhölzern, Agaven, Mimosen, Kaktuspflanzen, baumartigen Lilien. Kulturpflanzen: Ölbaum, Maulbeere, Rebe, Agave.

Die mexikanische Westküste zeigt weniger Reichtum an tropischen Pflanzen als die Ostküste.

16. **Westindisches Gebiet.** Westindische Inseln. Der Golfstrom trennt dieselben vom Festlande (Halbinsel Florida). Er und die regelmäßigen Regenzeiten erzeugen eine tropische Vegetation, ähnlich derjenigen Südamerikas. Palmen, Nadelhölzer, Mahagonibäume, Schlinggewächse, Farne, Orchideen. Kultiviert werden: Kaffee, Zuckerrohr, Baumwolle.

17. **Südamerikanisches Gebiet diesseits des Äquators.** (Cisäquatoriales Südamerika). Küstenlandschaften der Nordküste, Uferlandschaften des Orinoco. Tropische Wälder an den Küsten und den Ufern, großartige Savannen in Guyana. Llanos in Venezuela. Die Wälder immergrün, reich an Palmen, Pfeffergewächsen, Passionsblumen; der Kuhbaum (Galactodendron), Kakao= und Campechebaum. Die Savannen als Grasfluren mit nur wenig Bäumen; im Frühlinge Wiesen, im Herbste trocken und dürr; die Llanos, baumlose Grasebenen, im Gegensatze trockner und nasser Jahreszeiten bald dürr, bald üppig grünend.

18. **Gebiet des äquatorialen Brasiliens.** (Hylaea). Uferlandschaften des Amazonenstromes. Gleichmäßige Wärme und Feuchtigkeit rufen die üppigste Vegetation hervor. Tropischer Urwald sich über 6 Breitengrade ausdehnend: Palmen, Lianen, Mimosen, Lorbeer, Feigen, Kautschuk, Kakao, Vanille 2c. Uferlandschaften völlig flach, alljährlich 4—5 geogr. Meilen weit überflutet. Ungeheurer Reichtum an Gewächsen und Erzeugnissen.

19. **Gebiet des transäquatorialen Brasiliens.** Südostküste bis zum 30.°

s. Br. An der Küste hohe Gebirge mit tropischen Urwäldern; nach dem Innern, wo den Winden die Feuchtigkeit entzogen ist, Campos, das sind tropische Grasfluren. Die Regenzeit erzeugt üppiges Pflanzenleben, die trockne Zeit einen Winterschlaf der Pflanzen, namentlich in den Savannenwäldern (Catingas). Brasiltannen (Araucaria brasiliensis) oder Pinheiros.

20. **Gebiet der tropischen Anden Südamerikas.** Andes-Kette von 10 bis 30° s. Br. mit 3 verschieden hohen, parallelen Regionen. Die Westküste bis 500 m regenlos oder nur durch Nebel (Garuas) befeuchtet. Die antarktische Strömung (Humboldt-Strömung) führt ununterbrochen kalte Wassermassen an die pacifische Küste und kondensiert den Wasserdampf der Seewinde. Auffällige Trockenheit, die sich auch auf die Nachbarinseln ausdehnt und sich in den großen Guanolagern der Chincha-Inseln zu erkennen giebt. An den Flußläufen fruchtbare Striche. Puna-Region, bis über 4000 m (Hochgipfel der Cordilleren): baumlos, mit Sträuchern und Stauden. Ostabhänge der Cordilleren 2600 m bis zum Fuße. Waldregion, die allmählich den Charakter der Tropenwälder Brasiliens annimmt. (Fiberrindenbaum). Kulturgewächse: Kaffee, Pisang, Zuckerrohr, Koka.

21. **Pampas-Gebiet.** Von den Grenzen Brasiliens bis fast zur Südspitze Südamerikas. Die Pampas sind ein ebenes, baumloses Grasland. Am Laplata sind die Grasebenen mit niederem Grase und spärlichen Kräutern bedeckt; in Patagonien treten dabei Sträucher auf. Land zur Viehzucht geeignet. Akazien, Kaktuspflanzen, Salzpflanzen. Disteln und Fenchel, aus Südeuropa eingewandert, haben sich außerordentlich vermehrt.

22. **Antarktisches Waldgebiet.** Westküste Südamerikas. Südliches Chile bis zum Feuerlande am Kap Horn, 34—56° s. Br. Feuchtes, kaltes Klima. Überall herrscht Wald, nördlich mit tropischen Baumarten, südlich mit fast nur Buchen (dabei immergrüne Zwergbuchen); Torfmoose.

23. **Oceanische Inselgebiete.** Es sind solche, in denen die einheimischen Gewächse bedeutend von denen der benachbarten Festlande abweichen; dieselben haben ihre ursprüngliche Flora reiner erhalten. Azoren, Madeira und die kanarischen Inseln. Haben selbständige (atlantische) Flora, die mit Gewächsen des Mittelmeergebietes und Afrikas durchsetzt ist. Madeira war bei seiner Entdeckung völlig bewaldet; die sogenannte Ceder lieferte ein geschätztes Bauholz. Untere Region dient jetzt zur Kultur des Zuckerrohrs (an Stelle der Rebe, welche seit 1852 durch die Traubenkrankheit zu Grunde ging), des Pisangs und tropischer Fruchtbäume. Außerdem: Lorbeeren, Drachenbaum. Farne. Kanarische Inseln zeigen in den niederen Gegenden afrikanische Pflanzen (Dattelpalme, Tamariske, Euphorbien), in den höheren immergrüne Wälder (Lorbeer, Kiefer, Ginster ꝛc.). Kultur des Kaktus zur Ernährung der Cochenille-Laus. Kap Verde'sche Inseln zeigen Akazien, Tamarisken, Krapppflanzen. Angebaut sind Kokos- und Dattelpalmen, Kaffee. St. Helena war Anfang des 16. Jahrhunderts mit Wald bedeckt, dessen Nachwuchs durch eingeführte, sich stark vermehrende Ziegen zerstört wurde. Immergrüne Laubhölzer und Farnbäume. Endemische Pflanzen durch eingeführte verdrängt (z. B. durch die europäische Kiefer.)

Madagaskar zeigt eigenartige Tropenwälder und Grassavannen. Charakterpflanzen sind: die Ravenala (Wasserbaum, Baum der Reisenden, Urania speciosa), eine Pisangart mit fächerartig angeordneten Blättern, an deren Einfügung eine geräumige Höhle, die zur Wasseransammlung dient; Farnbäume, Lianen, Bambus,

Palmen &c. Sandwich- und Fidschi-Inseln, Neuseeland, Galapagos zeigen ebenfalls eigentümliche Floren.

24. **Oceanisches Gebiet.** Die Pflanzen der Meere sind größtenteils Tange (Algen), die als flutende Tangwiesen und am Meeresgrunde als wurzelnde Tangwälder auftreten.

---

3. Innerer Bau, Zusammensetzung und Lebensthätigkeit der Pflanzen.

Wurzel, Stengel, Blatt und Blüte der höheren Pflanzen sind die Teile, welche in regelmäßiger Thätigkeit sowohl einander als dem ganzen Körper zur Erhaltung dienen. Diese eigenartig geformten und aufgebauten Teile nennt man Werkzeuge oder Organe und den Pflanzenkörper einen Organismus. Die Organe sind aus sich heraus, d. h. vermöge in ihnen liegender Kräfte, geschickt zu bestimmten Verrichtungen im Dienste des Organismus. Niedrige Pflanzenformen zeigen nur wenige und einfach gestaltete Organe, und es muß daher ein und dasselbe Organ verschiedene Thätigkeiten vollbringen. Bei den höheren Pflanzen ist die Zahl der Organe größer, ihr Bau komplizierter. Damit tritt auch eine weitergehende Sonderung der Verrichtungen ein, eine Arbeitsteilung derart, daß ein bestimmtes Organ immer nur eine bestimmte Arbeitsleistung zu vollführen hat und dieser angepaßt ist, wodurch die letztere sich dann vervollkommnet und dadurch der ganze Organismus eine höhere Ausbildung erlangt.

Die gesamte Thätigkeit aller Organe, hervorgebracht durch in ihnen liegende Kräfte, ist es, was wir Leben nennen. Diese Thätigkeit des organischen Stoffes äußert sich bei den Pflanzen in deren Wachstum und deren Vermehrung: sie ist darauf gerichtet, das Leben zu erhalten, die Gestaltung des Pflanzenkörpers zu vollenden, neues Leben zu bilden. Hierzu ist notwendig, daß der Pflanzenkörper Stoffe der Außenwelt aufnehme und sie in seinem Innern zu ähnlichen und gleichen organischen Stoffen verwandele oder assimiliere.

Hat der Organismus sein Wachstum und seinen Gestaltungsprozeß vollendet, und ist er zu vollkommener Ausbildung gelangt, so wird durch die Ernährung ein Überschuß von Stoff zugeführt, es entstehen Organe, welche die Vermehrung oder Fortpflanzung übernehmen. Ernährung und Vermehrung sind die einzigen Verrichtungen der pflanzlichen Organe.

Da den Pflanzen die tierischen Fähigkeiten der willkürlichen Bewegung und Empfindung versagt sind, ist die Zahl ihrer Organe geringer, ihr Bau weniger kompliziert als bei den Tieren. Eine gesonderte Beschreibung dieser Organe, wie

sie in der Zoologie stattfinden mußte, ist in der Botanik daher nicht notwendig, um so weniger, als bereits im 1. und 2. Kursus ihr morphologischer Charakter als Pflanzenglieder erläutert wurde. Dagegen hat die Botanik noch die Aufgabe, zu untersuchen:

I. Aus welchen Form-Elementen sich die Organe zusammensetzen?
(Innerer Bau derselben. — Pflanzen-Anatomie.)

II. Aus welchen Stoffen und wie die Form-Elemente und Organe sich aufbauen?
(Lebensthätigkeit der Pflanze. — Pflanzen-Physiologie.)

Beide Fragen lassen sich nur beantworten durch zahlreiche Beobachtungen am Pflanzenkörper; dieselben ergeben dann eine Reihe von Thatsachen, aus welchen sich wiederum Schlüsse ziehen lassen.

Wir schicken daher der Pflanzen-Anatomie und -Physiologie einige grundlegende Beobachtungen und Versuche voraus und stellen dann die gewonnenen Resultate zusammen.

Innerer Bau der Pflanzen.

(Pflanzen-Anatomie.)

A. Beobachtungen durch das Mikroskop.

Über die Struktur, somit den inneren Bau des Pflanzenkörpers kann man sich nur durch zahlreiche und genaue eigene Beobachtungen durch das Auge und die zur Unterstützung desselben ersonnenen Hilfsmittel Aufschluß verschaffen.

Das „bloße" oder „unbewaffnete" Auge gestattet dem Beobachter nur die genaue Wahrnehmung der größeren Organe der Pflanzen, soweit sie eben innerhalb der Grenzen der Sichtbarkeit liegen.

Darüber hinaus erscheint aber die Pflanzensubstanz als eine zwar verschieden gefärbte, auch von Höhlungen durchsetzte, aber dennoch nahezu gleichartige Masse. Etwaige Unterschiede in Größe, Form und sonstiger Beschaffenheit noch kleinerer, selbständiger Gebilde, aus denen sich die Organe zusammensetzen, sind nur mit Hilfe von Vergrößerungs-Instrumenten oder Mikroskopen wahrnehmbar, deren Gebrauch zur Beobachtung für diesen Teil der Botanik von höchster Bedeutung ist. Nur wenige Bemerkungen mögen hierüber angeführt sein. Denjenigen, welcher sich für diese Beobachtungen weiter interessiert, verweisen wir auf die das Mikroskop behandelnden Werke.

Die Grundlage des Mikroskops ist die vergrößernde Sammellinse. Linsen mit einer 5—20fachen Vergrößerung ohne besondere Hilfsapparate (Stativ, Objektiv ꝛc.) nennt man Lupen; steigt die Vergrößerung auf das 15—60fache und ist ein vollkommenes Stativ vorhanden, so entsteht das einfache Mikroskop. Wird das durch eine konvexe Linse oder ein Linsensystem (das Objektiv) von einem außerhalb des Brennpunktes, aber innerhalb der doppelten Brennweite gelegenen Gegenstande (dem Objekt) auf der entgegengesetzten Seite der Linse entworfene, verkehrte, vergrößerte (objektive) Bild wiederum durch ein einfaches Mikroskop, d. i. eine Sammellinse (das Okular) betrachtet, und sind alle dabei notwendigen Hilfsapparate vorhanden,

die eine 200= und mehrfache Vergrößerung gestatten, so entsteht ein zusammengesetztes Mikroskop. Über die physikalische Wirkung dieser Linsen und Linsenkombinationen belehren die Handbücher der Physik und Mikroskopie.*)

Der zur Beobachtung hergerichtete Gegenstand, das Objekt, kommt auf eine Unterlage von möglichst reinem, blasenfreiem Glase. Dieselbe, der Objektträger, ist ein Glastäfelchen von 3 cm Breite und 4,5 cm Länge. Zum Bedecken des Objektes, welches mit wenig Tropfen Wasser oder anderen Flüssigkeiten benetzt wird, dienen ebensolche Glastäfelchen, die als Deckgläser bekannt sind. Gegenstand und Gläschen heißen wohl zusammen das „Objekt“, welches nun auf den Objekttisch des Mikroskops in die zur Beobachtung geeignete Lage gebracht wird.

Die meisten mikroskopischen Untersuchungen erfolgen mittelst durchfallenden Lichtes. Hierzu müssen die Objekte die notwendige Durchsichtigkeit erhalten, welche entsteht, wenn man die zu untersuchenden organischen Gegenstände in so dünne Schichten zerlegt, daß den Lichtstrahlen ein möglichst freier Durchgang verschafft wird. Eine Hauptaufgabe ist also die Anfertigung sehr zarter Durchschnitte, zu welcher sich die Hand die nötige Geschicklichkeit durch vielfache Übung erwerben muß. Zu ihrer Herstellung dient am besten ein sehr scharfes Rasiermesser. Hölzer und härtere Pflanzenteile erhalten zuerst eine glatte, ebene Schnittfläche, welche man mit etwas Wasser oder Alkohol befeuchtet. Dann faßt man sie mit der linken Hand, legt die ebenfalls etwas benetzte Klinge des Messers flach auf und zieht sie über die Fläche, um einen feinen Schnitt zu erhalten. Derart macht man mehrere Schnitte, bringt diese vorläufig in eine Schale mit Wasser und wählt dann die dünnsten aus. Zur Belehrung über die Strukturverhältnisse genügt selten ein einziger Schnitt, vielmehr ist es notwendig, Schnitte nach 3 auf einander senkrechten Richtungen herzustellen, und zwar Querschnitte, radiale und tangentiale Längsschnitte. Frische Hölzer, junge Zweige und Triebe läßt man zweckmäßig einige Stunden und länger abtrocknen, harte Teile weicht man zuvor mit Wasser oder Kalilauge etwas auf oder kocht sie mit letzterer, auch wohl mit Salpetersäure und wäscht sie nachher mit Wasser aus; harzreiche legt man einige Tage in Alkohol und wäscht sie dann aus.

Sehr weiche, saftreiche Pflanzenteile macht man etwas härter, indem man sie einige Zeit in verdünnten oder in absoluten Alkohol einlegt. Dünne Teile (z. B. Blätter, zarte Stengel) schneidet man zwischen reinen Korkplättchen. Mit bloßem Auge kaum sichtbare Körperchen (z. B. Stärkemehl, Pollen, Sporen 2c.) werden mit einer dicken Lösung aus Gummi arabicum mit einigen Tropfen Glycerin versetzt, vermischt und eingetrocknet. Ist die Masse ausreichend hart, so fertigt man feine Durchschnitte, welche man auf dem Objektglase mit einigen Tropfen Wasser anfeuchtet, um das Gummi zu lösen. Will man die Elementarteile der Organe sehen, so müssen dieselben aus dem Schnitte isoliert werden. Hierzu ist eine Lockerung der Teile durch längeres Kochen mit Wasser unter wenig Zusatz von Kalilauge erforderlich. Zur Isolierung (Maceration) gewisser Gewebeteile dienen ferner Kalilauge (Zerstörung harziger, fettiger, leimiger Stoffe), Salpetersäure und chlorsaures Kali (Lösung der Intercellularsubstanz und Freilegung des Zellgewebes), Schwefelsäure (Lösung der

---

*) H. v. Mohl, Mikrographie, Tübingen 1846. P. Harting, das Mikroskop, deutsch von Theile. 3 Bde. Braunschweig. H. Schacht, das Mikroskop, Berlin. Nägeli und Schwendener, das Mikroskop, Leipzig 1877. L. Dippel, das Mikroskop und seine Anwendung, Braunschweig 1872. (Besonders für diese Untersuchungen zu empfehlen.) H. Frey, das Mikroskop, Leipzig 1881, u. s. w.

Zellhäute), Alkohol (Wasserentziehung und Gerinnen, Lösung von Harzen, Farbstoffen 2c.). Für Nachweisung gewisser Stoffe gebraucht man die in der Chemie benutzten Reagentien, z. B. Jodlösung zur Nachweisung der Stärke, alkalische Kupfervitriollösung für Traubenzucker 2c. Die so behandelten, mit Wasser ausgewaschenen und wieder ausreichend trocknen Objekte kommen nun mit einem Tropfen destillierten Wassers oder Glycerin (zur Erhöhung der Durchsichtigkeit) zur mikroskopischen Prüfung.

Bei dem mikroskopischen Sehen muß man sich zunächst vergegenwärtigen, daß die Objekte durchsichtig sind, daß man also gleichsam ein Schattenbild der das Licht mehr oder minder durchlassenden Teile des Objekts erhält; die undurchsichtigen Stellen des Objekts erscheinen dunkel, die durchsichtigen mehr oder weniger hell. Um Täuschungen zu entgehen, muß zunächst alles von der Beobachtung ausgeschlossen werden, was nicht zum Objekt gehört. Hierzu gehören Ungleichmäßigkeiten (Streifen) und Luftblasen im Glase und in den Flüssigkeiten u. s. w. Der Ungeübte muß sich daher zuvor bekannt machen mit dem Eindruck, welchen kleine Luftblasen, Öltröpfchen in Flüssigkeiten oder Quecksilberkügelchen bei verschiedenen Einstellungen des Mikroskops erzeugen. Ferner muß eine möglichst vielseitige und scharfe Beobachtung der Objekte erfolgen, womöglich durch Nachzeichnen ihrer Gestalt unterstützt.

„Das Mikroskop ist ein feines Werkzeug, dessen Gebrauch erlernt sein will, wie derjenige anderer komplizierter Instrumente. Die Fähigkeit, mit demselben zu sehen, muß ebenfalls erworben werden, und dazu bedarf es einiger Ausdauer, wenn es sich um das hier unerläßliche sichere Sehen handelt". (H. Frey, das Mikroskop.)

Objekt 1. Eine reife Schneebeere von dem in unseren Gärten häufig gezogenen Zierstrauche (Symphoricarpus racemosus) wird von der äußeren Haut befreit. Es kommt eine blendend weiße, aus kleinen, glänzenden Teilchen bestehende Substanz zum Vorschein. Von derselben wird mit der Messerspitze etwas genommen und, mit einem Tropfen Wasser bedeckt, als „Objekt" unter das Mikroskop gebracht.

Beobachtung. Die Substanz entwirrt sich zu lauter rundlichen, etwas unregelmäßigen, unzusammenhängenden Bläschen, jedes aus einer Haut bestehend und mit einer teilweise gelblichen, teilweise wasserhellen oder wenig körnigtrüben Flüssigkeit erfüllt. Diese Bläschen heißen Zellen. Wenig Fruchtfleisch vom Apfel, von der Birne oder der Beere des Weißdorns werde als Objekt gewählt. Die Beobachtung ergiebt wesentlich ein gleiches Resultat: Zellen.

Objekt 2. Etwas frische Bäckerhefe betrachte man durch die Lupe. Man nehme dann einige Körnchen, bringe sie in wenig Wasser, zerteile sie, lege nun einen Tropfen dieser Hefeflüssigkeit auf ein Gläschen, bedecke ihn mit dem Deckglase und beobachte das „Objekt" unter dem Mikroskop bei 5—600facher Vergrößerung.

Beobachtung. Unter der Lupe erscheint die Hefe wie mit feinen Sandkörnchen durchsetzt. Unter dem Mikroskop bemerkt man, daß die Körnchen runde oder ovale, durchscheinende, verschieden große Körperchen sind, die einzeln oder haufenweise liegen. Jedes ist eine Zelle, als solche umgeben von einer Haut,

erfüllt mit halbflüssiger Masse, dem Protoplasma, welches in der Mitte einen Hohlraum (Vacuole) mit klarer, wässeriger Flüssigkeit zeigt. Fig. 3 (oben).

Objekt 3. Eine befruchtete Samenknospe einer lilienartigen Pflanze (Lilie, Tulpe, Schneeglöckchen, Maiblume ꝛc.) oder eine befruchtete Blüte der Schminkbohne (Phaseolus multiflorus). Etwas Substanz wird aus dem Keimsack genommen, so daß letzterer selbst oben und unten unverletzt bleibt und dieselbe von den Knospenhüllen befreit. Zu der herausgelösten Masse setzt man einige Tropfen einer Gummilösung (1 Teil Gummi auf 100 Teile Wasser).

Beobachtung. In der Flüssigkeit liegen zahlreiche kleine und größere, freie Zellen, jede von rundlicher Gestalt. Bei einigen Zellen ist die Zellhaut äußerst zart, bei andern ist sie bereits stärker entwickelt. Die Zellhöhlung (der Innenraum der Zellen), ist erfüllt mit einer schleimigen Flüssigkeit, dem Protoplasma; in demselben zeigt sich ein freier, fester Kern, der Zellkern, außerdem lassen sich Hohlräume oder Vacuolen, die mit Zellsaft erfüllt sind, erkennen. An anderen freien Zellen bemerkt man eine doppelte Umhüllung, auch eine Bewegung der Flüssigkeit, die Plasmaströmung. Fig. 19 (unten).

Objekt 4. Man sucht sich eine ruhende End- oder Seitenknospe an einem wachsenden Stengel oder Seitenzweige oder eine ganz junge Blattanlage der Roßkastanie (oder eines anderen Holzgewächses) und fertigt sich aus dem Vegetationskegel am Scheitel Quer- und Längsschnitte, die mit einigen Tropfen Wasser oder Gummilösung (s. oben) als Objekte dienen.

Beobachtung. Zahlreiche mit einander zu einer Gruppe vereinigte Zellen bilden ein Zellgewebe. Die Zellen haben durch Aneinanderlagerung eine vieleckige Form angenommen; einzelne erscheinen als eben geteilt. Fig. 24 u. 33.

Objekt 5. Möglichst zarte Quer- und Längsschnitte von jungem Holze der Kiefer (Pinus silvestris, L.) oder eines andern Nadelholzes behandle man bei gewöhnlicher Temperatur oder unter geringer Erwärmung mit Kalilauge, wasche sie dann mit Wasser aus und bringe sie unter das Mikroskop.

Beobachtung. Der Querschnitt zeigt Zellgewebe, bestehend aus Reihen neben einander liegender, 4eckiger Zellen verschiedener Größe mit verschieden dicker Zellhaut. Der radiale Längsschnitt läßt sehr langgestreckte, keilartig in einander greifende Zellen erkennen, dieselben sind durchsetzt von rundlichen Fleckchen, Tüpfel genannt. Jeder Tüpfel wird von einem Ringe eingeschlossen, man nennt ihn „gehöft“. Die gehöften Tüpfel entstehen dadurch, daß die anfangs sehr dünne und zarte Wand der Gewebezellen sich ungleichmäßig verdickt, dabei kreisförmige Räume (Poren) freiläßt und sich bei weiterem Wachstum über denselben schließt. Der äußere der beiden konzentrischen Kreise des Tüpfels zeigt den ursprünglichen Umfang der dünnen Hautstelle, der innere den sich nach und nach verengenden kreisförmigen Rand der Verdickung. Fig. 21.

Objekt 6. Quer- und Längsschnitte von Laubhölzern (z. B. Linde) werden ebenso behandelt.

Beobachtung. Die gehöften Tüpfel fehlen, nur punktierte Wandungen und einfache Tüpfel sind wahrnehmbar

Objekt 7. Ein feiner Leinenfaden werde mit dem Messer fein zerfasert; mehrere der sehr feinen Fasern lege man unter das Mikroskop. Ebenso betrachte man Fasern von Baumwolle, Wolle, Seide; zunächst für sich, dann vermischt.

Beobachtung. Langgestreckte (Faser-)Zellen. a) Die Leinen- (Flachs-) faser erscheint fast stielrund, ungedreht, ausgefüllt bis auf einen engen in der Mitte laufenden Kanal. b) Die Baumwollenfaser ist dünnwandig, flach und bandartig, gedreht. c) Die Wollenfaser ist viel dicker, ihre Oberfläche zeigt zarte, dünne Schüppchen (Oberhautzellen). d) Die Seidenfaser ist vollkommen stielrund, glatt, ohne Höhlung; hin und wieder hängt an ihrer Oberfläche etwas (eiweißartige) Substanz, die oft an beiden Seiten einen schmalen Rand bildet. Fig. 20.

Objekt 8. Es wird etwas von der Oberhaut des Blattes einer Brennnessel (a), des Wiesenstorchschnabels (b), des roten Bienensaugs (c) abgelöst, so daß einige Haare unverletzt darauf sitzen bleiben. Jedes Objekt bringt man mit Wasser, dem man ein wenig Glycerin zugiebt, unter das Mikroskop.

Beobachtung. Die Härchen erscheinen schlauchartig und als Fortsetzungen der Oberhautzellen. Der Inhalt ist schwachkörnig, etwas getrübt. a) Das Brennhaar der Nessel besteht aus nur einer Zelle, deren Spitze kugelig erweitert ist und bei Berührung leicht abbricht. Sticht dieselbe in die Haut, so fließt beim Abbrechen etwas aus dem Inhalte des Köpfchens in die Wunde (nämlich Ameisensäure, welche auch im Bienenstachel enthalten ist) und verursacht Schmerz und Entzündung. b) Das Haar des Wiesenstorchschnabels besteht aus mehreren Zellen, deren oberste sackartig erweitert und ohne Spitze ist. c) Das Haar des Bienensaugs ist ebenfalls mehrzellig und am Ende sackartig (ohne Ameisensäure, daher „taub“, nicht nesselnd). Fig. 27.

Objekt 9. Querschnitt durch das Zellengewebe eines Maisstengels oder Kohlstengels oder der Sonnenblume und anderer krautartiger Pflanzen.

Beobachtung. Die an einander liegenden Zellwände sind fest mit einander verbunden. Dort, wo 3 oder mehr Zellen sich berühren, befinden sich häufig kleine, 3eckige Räume, welche Luft oder sonstige eigentümliche Stoffe enthalten. Man nennt sie Zwischenzellenräume oder Intercellularräume, die Masse, welche sie zuweilen erfüllt, heißt Intercellularsubstanz. Fig. 25.

Objekt 10. Ein Blatt des gemeinen Kohls (oder einer Zwiebel, Lilie, Hyacinthe, Balsamine 2c.) ritzt man an der Oberfläche leicht mit dem Messer und zieht vorsichtig ein Stück der Oberhaut oder Epidermis von der Oberseite (a) ab. Ebenso ein Stück der Unterseite (b). Dieselbe ist ziemlich klar und farblos. Man macht davon (bei dünnen Blättern von der ganzen Haut) noch möglichst dünne Querschnitte.

Beobachtung. a) Es zeigt sich Zellgewebe ohne Intercellularräume. b) An gewissen Stellen befinden sich Lücken auf der Oberhaut, die durch 2 fast halbmondförmige Zellen (Schließzellen), deren ausgehöhlte Seiten einander zugekehrt sind, umgrenzt werden. Zwischen ihnen bleibt eine Spalte in der Oberhaut, Spaltöffnung genannt, welche die Kommunikation zwischen der Atmosphäre und dem Innern der Pflanze ermöglicht. Unter derselben liegt ein größerer Raum, die Atemhöhle. Fig. 26 und 26a.

Objekt 11. Querschnitt durch ein Stück eines Buchenblattes.

Beobachtung. An der Oberseite lassen sich größere, ohne Lücken an einander schließende Zellen (Oberhaut, Epidermis) erkennen. Die nächste Zellenschicht zeigt pallisadenartig neben einander stehende Zellen (Pallisadenzellen); diese und die folgende ist durch Chlorophyll grün gefärbt; die Unterseite des Blattes läßt Oberhautzellen erkennen, die von Spaltöffnungen durchsetzt sind. Fig. 26.

Objekt 12. Schnitte aus dem Samenlappen einer reifen Erbse (Bohne, Mais, Roggen, Kartoffel).

Beobachtung. Große Zellen mit Intercellularräumen, die Zellen erfüllt mit großen, konzentrisch geschichteten Körnern. Dieselben sind Stärkekörner, sie färben sich bei Zusatz von wenig Jodtinktur schmutzigblau. Außerdem sind noch kleine, runde Körner (Aleuron), ebenso Intercellularräume bemerkbar.

Die Stärkekörner der genannten Früchte haben verschiedene Formen. Fig. 23 u. 23a.

Objekt 13. Das grüne Blatt einer Gartennelke (oder einer andern grünen Pflanze) wird von der zähen, lederartigen Oberhaut befreit. Unter derselben liegt ein sammetartiges Gewebe, von welchem man wenig unter das Mikroskop bringt. Oder das Blatt eines Mooses wird als Objekt gewählt.

Beobachtung. Zahlreiche Zellen, in welchen sich kleine, linsenförmige, grüne Körnchen, die Chlorophyllkörner, befinden. Dieselben sind die Ursache der grünen Färbung. Behandelt man die grünen Pflanzenteile längere Zeit mit Alkohol, so färbt sich letzterer dunkelgrün, indem er das Chlorophyll löst. Die Lösung verblaßt am Lichte. Die behandelten Pflanzenteile erscheinen nun farblos.

Benutzt man ein blau- oder rotgefärbtes Blumenblatt als Objekt, so bemerkt man kein Chlorophyll, sondern einen entsprechend gefärbten Saft; der Farbstoff ist also gelöst vorhanden.

Objekt 14. Blätter der höheren Gewächse von den Gefäßkryptogamen aufwärts.

Beobachtung. Bei durchscheinendem Lichte betrachtet lassen sie strangartige Gewebemassen erkennen, die man Nerven oder Adern nennt. Dieselben bestehen aus eigentümlichen Zellenformen und sind Gefäßbündel, Leitbündel oder Fibrovasalstränge.

Objekt 15. Ein Maisstengel werde quer durchschnitten, dann der Länge nach gespalten. (Vergl. Fig. 16 oben.)

Beobachtung. Auf dem grünlichen Querschnitte zeigen sich durch das bloße Auge erkennbare, hellere, weißliche Punkte, auf dem Längsschnitte von ihnen aufwärts laufende, weißliche Streifen, welche ziemlich regellos zerstreut sind, jedoch gegen den Umfang hin etwas gedrängter liegen. Es sind geschlossene Gefäßbündel.

Objekt 16. Querschnitt des Maisstengels, welcher namentlich ein geschlossenes Gefäßbündel umfaßt (Fig. 32. Richtung von innen nach außen durch den Pfeil angegeben).

Beobachtung. Außen bemerkt man ein großzelliges Gewebe (aa), das Grundgewebe; in dasselbe eingeschlossen liegt das größtenteils aus engen, dickwandigen (in der Figur dunkelschattierten) Zellen zusammengesetzte, geschlossene Gefäßbündel (der Fibrovasalstrang). Dasselbe zeigt innen und außen (bei c und f) enge, dick-

wandige Zellen, die Bastzellen, die in der Lage und in ihrem Charakter den Bastzellen oder der inneren Rinde unserer Bäume entsprechen. Die dem Innern des Stammes am nächsten liegenden (c) sind Holzzellen; sie sind jenen ganz gleich und nur durch die Lage verschieden. Unter den Holzzellen zeigt sich eine Anzahl Saftgänge (a d d), zwischen diesen und den Bastzellen liegt ein zartes, durchsichtiges Zellgewebe (e), welches Bildungsgewebe genannt wird, da das Wachstum der Gefäßbündel bis zur Vollendung von ihm aus erfolgt. Auf jeder Seite des Gefäßbündels liegt noch ein großer Saftgang (b b).

Objekt 17. Querschnitt und Längsschnitt durch den hohlen Stengel der Gartenerbse.

Beobachtung durch das bloße Auge. Dieselbe zeigt in der blaßgrünen Substanz einen einfachen Kreis weißlicher Punkte, welche sämtlich durch eine feine, ganz dunkelgrüne Linie verbunden sind. Mit der Lupe kann man von außen nach innen folgende Schichten unterscheiden: Oberhaut (a), Rinde (b), Gefäßbündel (äußeres c, inneres e), saftige, dunkelgrüne Substanz, das Cambium (d) zwischen den Gefäßbündelteilen, Markreste (f). Fig. 29.

Objekt 18. Querschnitt durch das offene Gefäßbündel des Erbsenstengels.

Beobachtung. Von innen nach außen lassen sich ganz ähnliche Zellgewebsgruppen unterscheiden, nämlich der innere Teil des Gefäßbündels (f—d''), aus Gefäßen und langgestreckten Zellen gebildet; die Wände der älteren (g g) sind dicker, die der jüngeren dünner. Das Bildungsgewebe (Cambium d'' d' d), welches zu beiden Seiten über das Gefäßbündel hinaus sich fortsetzt bis zu den Nachbarbündeln, so einen ununterbrochenen Kreis um den Stengel bildend. Der äußere Teil des Gefäßbündels, das Bastbündel (c), die Rindenschicht (b a'), die Oberhaut (a). Fig. 31.

Objekt 19. Querschnitt und radialer Längsschnitt durch den Gefäßbündelstrang der Sonnenblume.

Beobachtung. Von innen nach außen bemerkt man im Querschnitt: Mark (M), Holzzellen (X, Xylem), Bildungsgewebe (c, Cambium), Bastfaser (P, Phloëm), Rinde. Im Längsschnitt: Markzellen (M), enge (s) und weitere (s') Spiralgefäße, getüpfeltes Gefäß (t t'), dazwischen Holzfasern (h), ferner durchlöcherte Gefäße oder Siebröhren (s b), Bastfasern (b), Rinde (R). Fig. 31.

Objekt 20. Querschnitt des Blattstieles einer Hahnenfußart (Nießwurz, Waldrebe, Dotterblume, Windröschen ꝛc.). Fig. 28.

Beobachtung. Das Gewebe ist zu gewissen Formen (Systemen) angeordnet. Man bemerkt äußerlich von dicker Zellhaut begrenzte Zellen, welche die Außenschicht, Oberhaut oder Epidermis, bilden (e). Der übrige Raum wird ausgefüllt von gleichartigen Zellen, die Grundgewebe (g) genannt werden. In demselben sind wiederum eigenartige, durch Größe, Dicke, Lage ꝛc. ausgezeichnete Zellpartieen gleichmäßig angeordnet, Gefäßbündel (f). Die letzteren lassen dickwandigere Zellen, den Holzkörper oder das Xylem (x) und dünnwandigere, saftigere, den Bastkörper oder das Phloëm (aus Weichbast c und Bastfasern b) erkennen.

Objekt 21. a) Querschnitt, b) Längsschnitt eines 3jährigen Zweiges der Linde.

Beobachtung. Von außen nach innen bemerkt man mit der Lupe 1) die Rinde, aus mehreren Unterabteilungen bestehend; 2) eine schmale, sehr saftreiche, langzellige Schicht, den Bastkörper; 3) eine sehr saftreiche, kleinzellige Schicht, das Cambium oder Bildungsgewebe; 4) das Holz, aus mehreren Unterabteilungen oder Jahresringen bestehend (entsprechend dem innern Teil des Gefäßbündels der Erbse) und mit von innen nach außen gehenden Streifen, den Markstrahlen (Spiegelfasern), durchsetzt, welche das Holz in keilförmige Portionen teilen; 5) das Mark. Fig. 18 u. 18a (oben).

Objekt 22. Endknospe eines Zweiges der Wasserpest (Elodea canadensis). Aus Canada stammende, bei uns eingeschleppte, sich stark vermehrende und in unseren Flüssen und Kanälen der Schiffahrt lästige Wasserpflanze der monokotylen Familie der Froschbißgewächse. (Oder des Tannwedels, Hippuris, des Tausendblattes, Myriophyllum.) Die äußeren, älteren Blätter der Knospe werden entfernt, so daß die jüngsten übrig bleiben. Fig. 33.

Beobachtung. Die fast nadelförmige Spitze ist der Vegetationskegel, ein schlanker, kuppelförmig gewölbter Kegel, der unterhalb der stumpfen Spitze kleine Höcker trägt, die nach unten größer werden. Es sind die Anfänge der Blätter. Ein Längsschnitt aus der Mitte des Kegels wird in verdünnte Kalilauge gelegt, dann ausgewaschen und unter das Mikroskop gebracht. Er zeigt an der Spitze ein gleichartiges Gewebe aus Zellen gleicher Größe und Gestalt, ohne Differenzierung in Oberhaut, Rinde, Bast 2c. Das Gewebe ist Urgewebe oder Urmeristem, aus welchem durch Vergrößerung, Teilung und Neubildung der Zellen die jugendlichen Blätter entstehen.

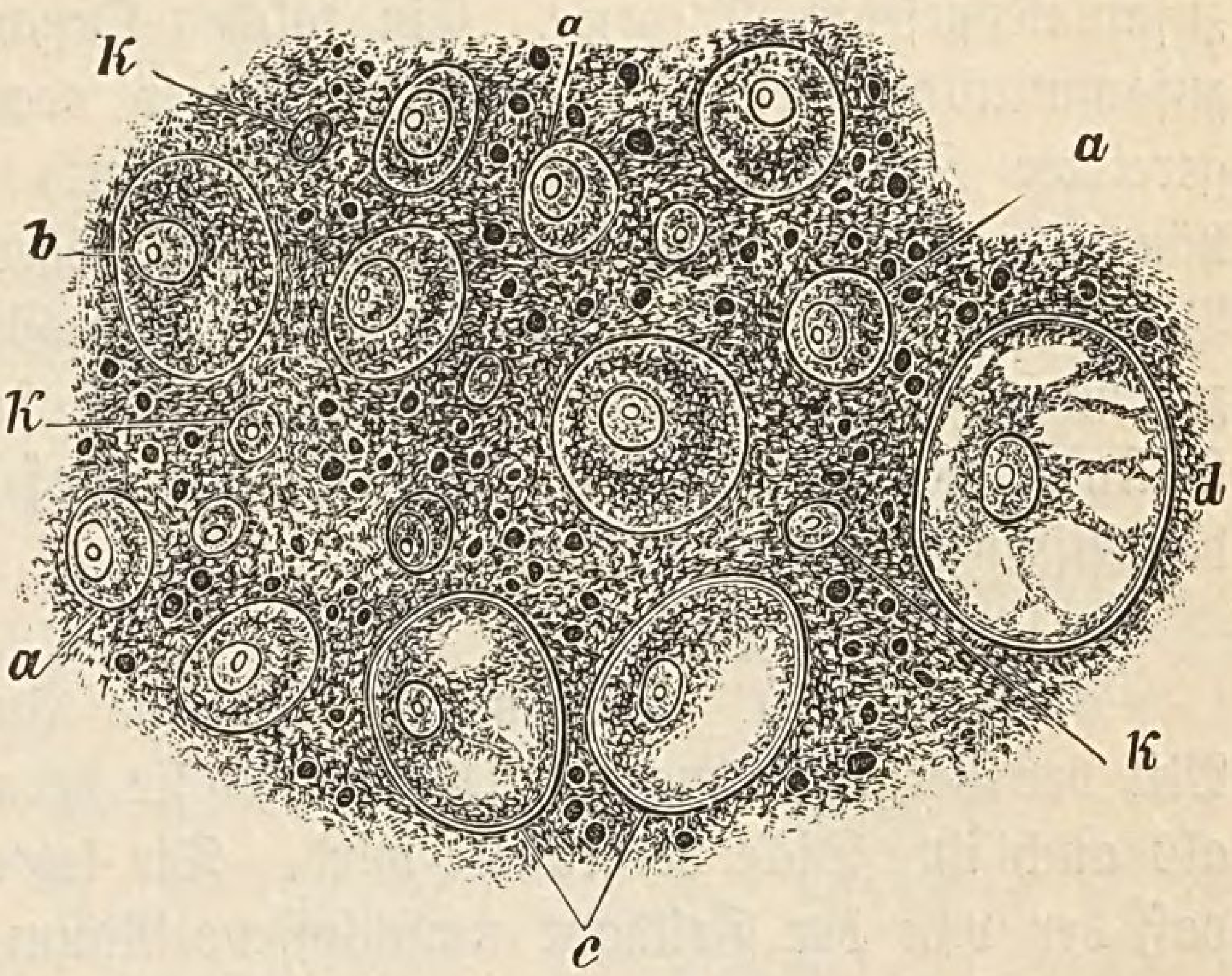
B. Haupt-Resultate der Beobachtungen über den inneren Bau der Pflanzen.

Alle Organe der Pflanzen setzen sich aus kleinen, durch das bloße Auge meist nicht mehr wahrnehmbaren Gebilden zusammen, welche man Zellen nennt. Viele niederen Pflanzen, wie die Hefenpilze und die einzelligen Algen, bestehen aus nur einer Zelle, welche die ganze Pflanze ausmacht und als solche ein selbständiges Leben führt. Alle höheren Gewächse beginnen ihr Leben in Gestalt einer Zelle. Indem sie wachsen, erzeugt diese Zelle neue Zellen aus sich heraus; dieselben lagern sich über und neben einander in bestimmter Ordnung, verbinden sich unter einander und sind die Bausteine, also die einfachsten Formbestandteile, aus denen sich alle Organe nach und nach aufbauen. In dem Leben jeder Pflanze kommt eine Zeit, wo sie an gewissen Stellen wiederum einzelne Zellen absondert in Gestalt von Brutzellen, Sporen, Pollenkörnern und Eizellen, welche von der Mutterpflanze zur Zeit der Reife getrennt einen selbständigen Lebenslauf vollführen. Die jüngsten Zellen einer Pflanze sind von den jüngsten Zellen einer andern fast gar nicht verschieden; erst später verändern sie sich eigenartig, indem sie die Organe einer bestimmten Pflanze aufbauen und bestimmte Arbeiten in ihrem Dienste verrichten. **Die Pflanzenzelle ist das Grund- oder Elementarorgan aller Pflanzen.**

An jeder vollkommen entwickelten, lebenden Pflanzenzelle lassen sich 3 Teile unterscheiden: die Zellhaut, das Protoplasma und der Zellsaft. Fig. 19.

Die Zellhaut oder Zellmembran erscheint als feste, elastische, allseitig geschlossene Haut, welche den Inhalt umschließt und nach außen abgrenzt. Obwohl sie Öffnungen nirgends erkennen läßt, ist sie dennoch für Flüssigkeiten und für Gase durchdringbar (permeabel). An der Innenwand, und zwar der Zellhaut anliegend, befindet sich der 2. Teil, das Protoplasma oder Plasma. Dasselbe ist eine dem Eiweiß ähnliche, halbflüssige Substanz und als solche der **Träger des Lebens**, da Ernährung, Wachstum und Fortpflanzung durch dasselbe erfolgen. In dem Protoplasma der Zelle eingebettet liegt bei allen höheren Pflanzen der feste Zellkern. Der 3. Hauptteil ist der Zellsaft, eine wässerige Flüssigkeit, welche den von dem Protoplasma umschlossenen Hohlraum ausfüllt. Im jugendlichen Zustande fehlt er; das Protoplasma ist allein vorhanden. Erst bei Weiterentwickelung der Zelle bildet er sich in Gestalt sehr kleiner Tröpfchen, indem im Protoplasma Hohlräume (Vacuolen) entstehen, die sich mit ihm anfüllen. Dieselben vergrößern sich nach und nach, fließen schließlich zusammen und drängen das Protoplasma mit dem Zellkern an die Zellwände, so daß der Zellsaft nun den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllt, während das Protoplasma die Innenfläche der Zellhaut wie eine Tapete auskleidet.

Fig. 11.



Zellenbildung in dem Keimsacke der Schminkbohne.
k freie Kerne, aa eben um den Keim entstandene Zellen, bb entwickeltere Zellen, cd mit Zellhaut umgebene Zellen (bei d Protoplasmaströmchen).

In vielen saftigen Pflanzenteilen (z. B. Rinden der Stengel, Wurzeln, Früchten) verharren die Zellen bis zum Tode in dem zuletzt genannten Zustande; bei andern (z. B. dem Holz) verändern sie sich noch weiter, der flüssige Teil (Protoplasma oder Zellsaft) schwindet vollständig, an seine Stelle tritt nur Luft oder Wasser und damit erlischt auch ihre Fähigkeit, neue Zellen, mithin neues Leben zu erzeugen. Solche (verholzte) Zellen leisten dem Pflanzenorganismus nur noch Dienste durch ihre Festigkeit und sonstige physikalische Eigenschaften.

Zellsaft und Zellhaut sind Erzeugnisse des Protoplasmas. Manchen Zellen, z. B. den Schwärmsporen der Algen und mancher Pilze fehlt die Zellhaut zuerst vollständig, sie sind nackte Protoplasmaklümpchen (Primordialzellen), die durch in ihnen liegende Kräfte sich bewegen, gestalten und verändern, — leben. **Das Protoplasma ist also der lebendige Leib, somit der wesentlichste Teil jeder Zelle.** Bilden sich irgendwo neue Zellen, so wird das Material hierzu von lebendem Protoplasma geliefert.

Größe und Gestalt der Zellen sind ungemein verschieden. Viele Zellen erreichen kaum einen Durchmesser von 0,005 mm (Hefezellen); bei andern steigt er auf

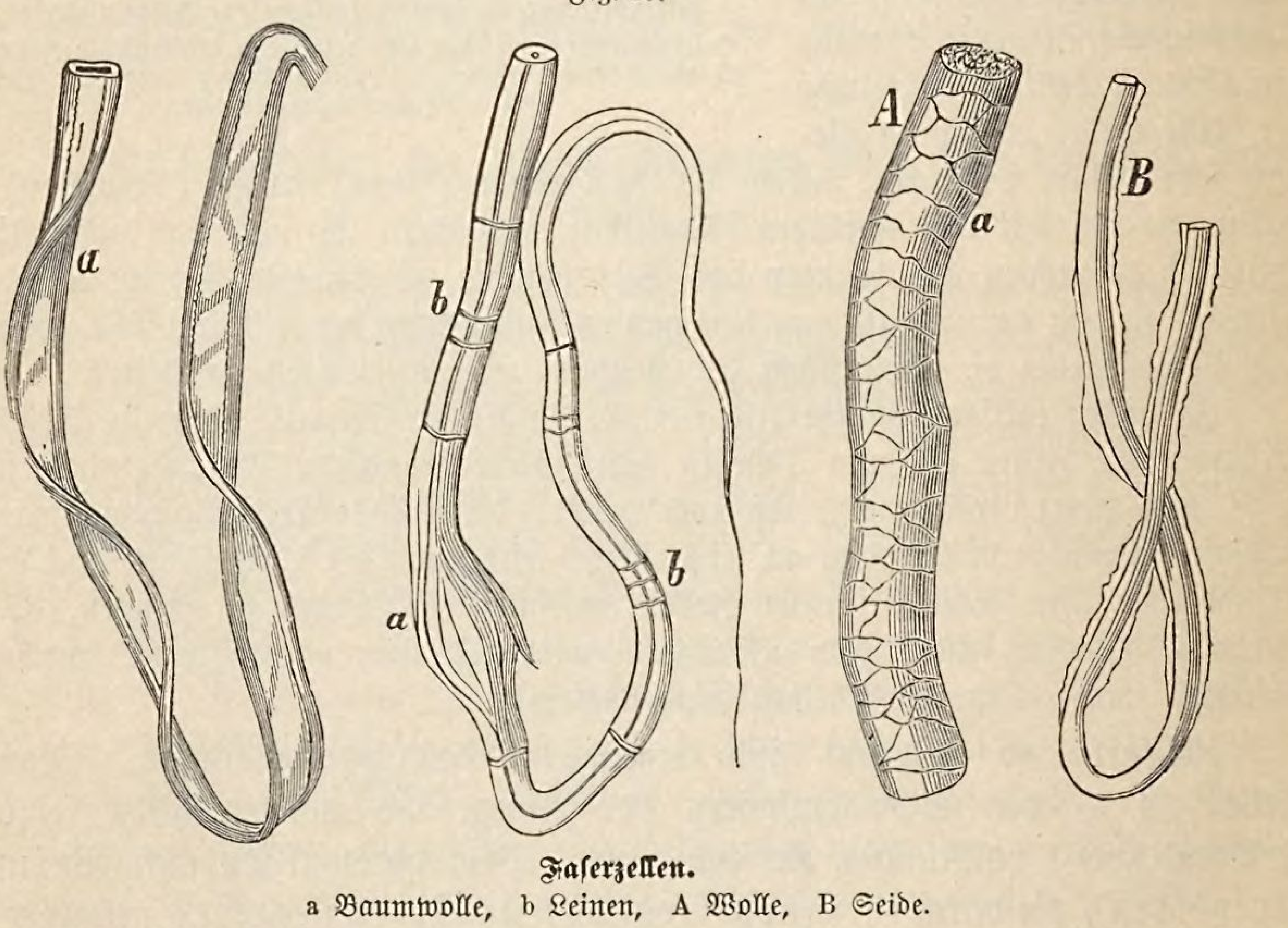
0,02 mm (Pollenkörner des Kürbis) und 0,3 mm (Mark des Holunders); Holz- und Bastzellen werden 1—3 mm lang, die Faserzelle der Baumwolle sogar 3—5 cm u. s. w. Die Grundform der Zelle ist die Kugel (einzellige Algen, Hefenpilze, Sporen, Pollenkörner). Durch ungleiches Wachstum nach verschiedenen Seiten, durch gegenseitigen Druck nehmen die Zellen jedoch ungemein mannigfache, vielseitige Gestalten an. Zellen mit nahezu gleichem Längs- und Querdurchmesser nennt man Kurzzellen, solche, bei denen der Längendurchmesser überwiegt, Langzellen.

Die Zellen treten nun oft mit einander in Verbindung und bilden dann zusammengesetzte Organe. Ein solches Organ heißt ein Gefäß, wenn die zusammenstoßenden Querwände zweier oder mehrerer linear an einander gereihter Zellen verschwunden (resorbiert) sind und so eine zusammenhängende Röhre entstanden ist. Bei den höheren Pflanzen (den Farnen und Blütenpflanzen) vereinigen sich Zellen und Gefäße dann zu den noch mehr zusammengesetzten Organen, welche man Gefäßbündel oder Fibrovasalstränge nennt. Zellen, Gefäße und Gefäßbündel setzen das Gewebe des Pflanzenkörpers zusammen.

1. **Die Zelle.**

a) Zellhaut. Dieselbe ist also eine Ausscheidung des Protoplasmas. Mit der Vergrößerung der Zelle wächst sie derart, daß sowohl ihre Oberfläche als auch ihre Dicke vergrößert wird. Die letztere nimmt oft so bedeutend zu, daß der von der Zellhaut umschlossene Raum, das Lumen, fast ganz ver-

Fig. 20.

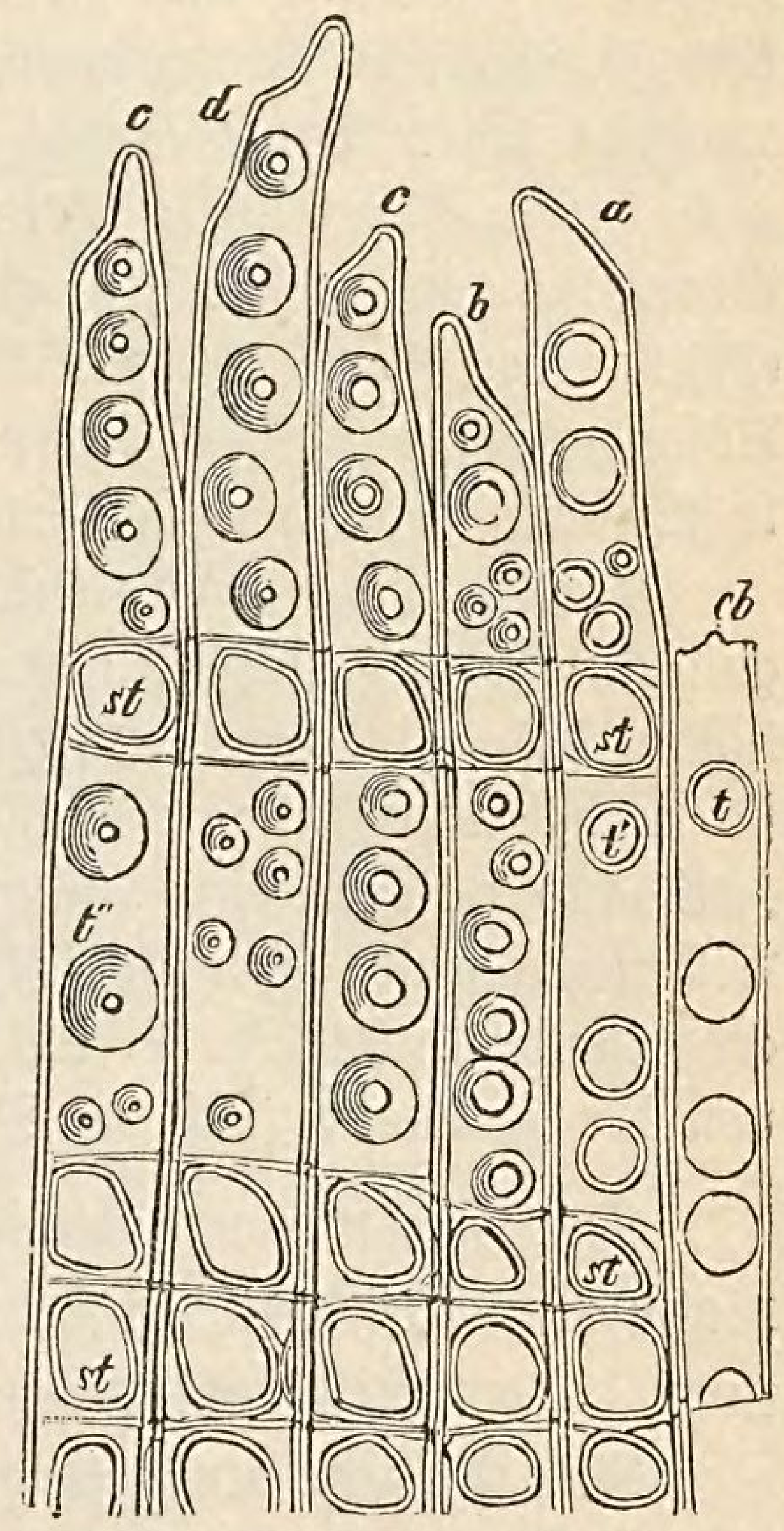


Faserzellen.
a Baumwolle, b Leinen, A Wolle, B Seide.

schwindet. Das ungleichmäßige Flächenwachstum bewirkt die Abänderung der anfänglich rundlichen oder vieleckigen Form in die cylindrische, schlauchartige, tafelförmige 2c. (Fig. 20). Das ungleiche Dickenwachstum erzeugt die verschiedene Wanddicke, und zwar können die verdickten Stellen nach außen (an freiliegenden Stellen) als Knoten, Buckel, Stachel, nach

innen als ringförmige oder schraubige Leisten und Bänder auftreten. Die letzteren sind die häufigsten und mannigfaltigsten, so daß die Zellhaut der Gefäße bei durchgehendem Lichte ringförmig, spiralig, netzförmig 2c. gemustert erscheint. Wenn sich die Verdickungsflächen sehr verbreitern, so erscheinen die dünnen Stellen bei durchgehendem Lichte als helle, rundliche Flecken oder Tüpfel; ist die Verdickung um letztere sehr stark, so werden die Tüpfel zu Tüpfelkanälen, welche die Haut ganz oder teilweise durchsetzen. Löst sich die dünne Hautstelle ganz, so entsteht daselbst eine Pore; treffen die Tüpfel oder Tüpfelkanäle zweier benachbarter Zellen auf einander, und ist der Tüpfelraum an der Innenseite eng und erweitert sich nach der Außenseite, so entsteht ein beide Zellräume verbindender Kanal, der sich als gehöfter Tüpfel zu erkennen giebt (Holzzellen der Nadelhölzer). Fig. 21.

Fig. 21.



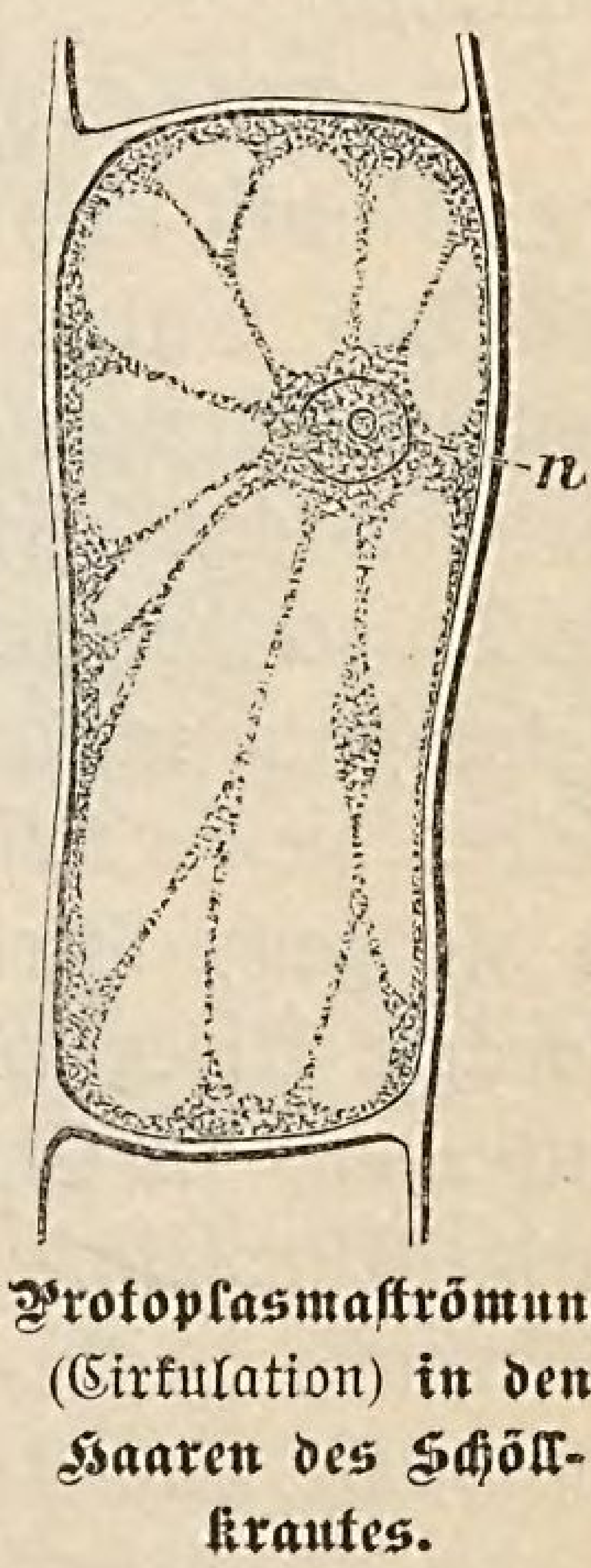
Radialer Zweig-Querschnitt von Pinus silvestris.
ac ältere Holzzellen, cb cambiale Holzzellen, t t' t'' gehöfte Tüpfel der Holzzellen, st große Tüpfel.

Häufig tritt an gewissen Stellen der Pflanzen infolge Aufnahme organischer und unorganischer Stoffe eine chemische Veränderung der Zellhautmasse ein, wodurch sie ihren ursprünglichen Charakter verliert. Man nennt dieselbe Verkorkung (Cuticularisierung), wenn die äußeren Schichten der Zellhaut dehnbar, sehr elastisch, für Wasser undurchdringlich, nichtquellbar werden (z. B. Kork); Verholzung, wenn die Zellhaut hart, wenig dehnbar und quellbar, dagegen leicht vom Wasser durchdringbar wird (z. B. Holz); Verschleimung, wenn sie große Wassermassen aufsaugt und dadurch gallertartig, beim Trocknen dagegen hart, brüchig oder hornartig biegsam wird (Algen, Leinsamen, Quitten).

Mit dem Alter lagern sich zwischen den Teilchen der Zellhaut auch wohl unverbrennliche Substanzen, wie Kalk und Kieselsäure, ein, so daß beim Verbrennen der Zellen die Asche in der früheren Form der Zellhaut (als Skelett) zurückbleibt (z. B. die Kieselsäure bei den Gräsern, Schachtelhalmen, Diatomaceen).

Die jugendliche Zellhaut besteht aus Zellstoff oder Cellulose; sie färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod-Lösung blau und löst sich in konzentrierter Schwefelsäure und in Kupferoxydammoniak auf.

Fig. 22.



Protoplasmaströmung (Cirkulation) **in den Haaren des Schöllkrautes.**
n Zellkern.

b) Protoplasma, Zellkern, Zellsaft. Das Protoplasma ist der organisierte, mit Leben begabte Teil der Zelle. Durch innere Kräfte hat es die Fähigkeit, bestimmte Gestalten anzunehmen und diese zu verändern, — sich zu bewegen; ebenso von ihm physikalisch

und chemisch verschiedene, nicht organisierte Stoffe aufzunehmen, sie zu organisieren und unbrauchbare auszuscheiden, — zu assimilieren. Fig. 22.

Ortsbewegungen äußern sich auffällig an nackten Zellen (z. B. der Schwärmsporen), welche im Wasser umherschwimmen, sich dabei um ihre Achse drehen oder ihre äußeren Umrisse fortwährend ändern, neue Fortsätze aussenden und sich unter Wasser fortschieben und ziehen (z. B. bei Schleimpilzen). Innerhalb der Zellhaut bewegt sich das Protoplasma, indem Strömchen, Stränge und Bänder von dem wandständigen Protoplasma zu demjenigen des Kernes hinlaufen (Cirkulation, z. B. in den Haarzellen); indem die ganze Masse des einen Zellsaftraum einschließenden Protoplasmas an der Zellwand wie ein dicker, in sich zurückkehrender Strom hinläuft (Rotation, z. B. bei manchen Wasserpflanzen). Das Leben äußert sich ferner in Absonderung der Hautschichten, des Zellsaftes in Tropfen (Vacuolen), des Zellkernes, in Bildung eigentümlicher Stoffe (z. B. des Chlorophylls) 2c.

Die Masse des Protoplasmas erscheint bald weich, zähe, sehr dehnsam, bald gallertartig und flüssig, obwohl sie niemals eine Flüssigkeit ist. Bald ist sie durchsichtig, bald mit Körnchen, Fetttröpfchen oder Stärkekörnern erfüllt. Wesentlich besteht sie aus Eiweißkörpern, Wasser und wenig Aschenbestandteilen. Dort, wo sie der Zellwand anliegt, wird sie von einer Hülle begrenzt, welche frei ist von körnigen Bildungen und Hautschicht oder Primordialschlauch heißt. Durch wasserentziehende Mittel (z. B. Alkohol, Glycerin) kommt sie zum Gerinnen und zieht sich von der Zellwand nach der Mitte der Zelle zurück.

Der Zellkern (Nucleus) hat wesentlich die Eigenschaften des Protoplasmas. Äußerlich ist er von einer Haut umgeben, im Innern läßt er meist noch 1 oder 2 Kernkörperchen erkennen.

Alle Gebilde der Zelle sind durchtränkt mit Zellsaft, welcher sich außerdem in den Vacuolen sammelt und oft den ganzen innern Raum ausfüllt. Derselbe ist eine wässerige Lösung verschiedener Stoffe, unter denen neben mineralischen Salzen besonders hervorzuheben sind: Zucker (Früchte, Zuckerrübe), Säuren (Äpfel, Citronen), Gerbstoff (Rinde), Farbstoffe (der meisten roten und blauen Blüten).

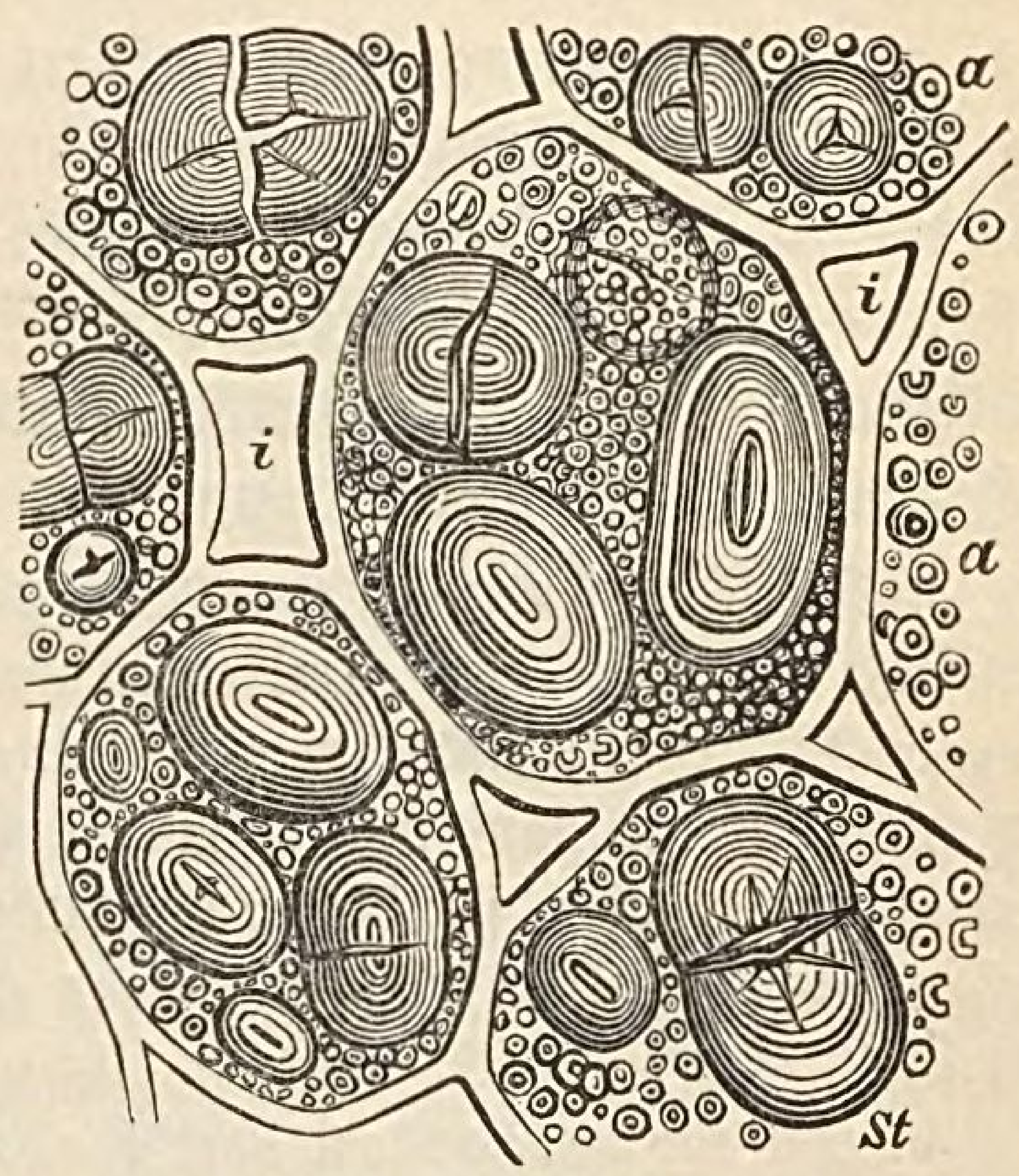
c) Chlorophyll, Stärke, Krystalle. Das Protoplasma der Zelle erzeugt meist noch eigentümliche Stoffe, unter denen obige drei zu nennen sind.

Das Chlorophyll oder Blattgrün bringt die grüne Färbung der meisten Pflanzenteile hervor. Es ist immer an bestimmt gestaltete Protoplasmakörper, Chlorophyllkörper genannt, gebunden. Dieselben sind die Träger der grünen Chlorophyllkörner; zieht man sie durch Alkohol, Äther, Chloroform 2c. aus, so entsteht eine grüne Lösung des Farbstoffes, und es bleiben die farblosen Chlorophyllkörper zurück. Bei manchen niederen Pflanzen ist die ganze Protoplasmamasse mit Ausschluß der Haut grün gefärbt; bei manchen Algen nehmen die Chlorophyllkörner sternartige Gestalt an. Zur Entstehung des Chlorophyllfarbstoffes, also zum Ergrünen der meisten Pflanzen, ist die Einwirkung des Lichtes erforderlich, ebenso das Vorhandensein gewisser Nährstoffe (z. B. des Eisens). Seine Bedeutung ist für das Pflanzenleben sehr groß, denn das Chlorophyll allein ist im stande, die Kohlensäure der Luft in die Grundstoffe Kohlenstoff und Sauerstoff zu zerlegen und jenen der

Pflanze zur Ernährung zu bieten. Diese Assimilation findet, wie die Entstehung des Chlorophylls selbst, nur bei Einwirkung des Lichtes statt. Chlorophyllfreie Pflanzen (Parasiten und Saprophyten) sind nicht im stande, zu assimilieren, sondern bedürfen fertiger organischer Nahrung.

Oft nimmt ein Teil der Protoplasmamasse krystallähnliche Formen von Würfeln, Oktaëdern 2c. an (z. B. in Kartoffeln, in fettreichen Samen); es entstehen sogenannte Krystalloide, von echten Krystallen dadurch wesentlich verschieden, daß sie quellbar sind. In fettreichen Samen liegen oft in einer Grundmasse von Eiweiß und Fettstoffen rundliche und vieleckige Körper aus Klebermehl, den Stärkekörnern ähnlich (Proteïn- oder Aleuronkörner). Fig. 23.

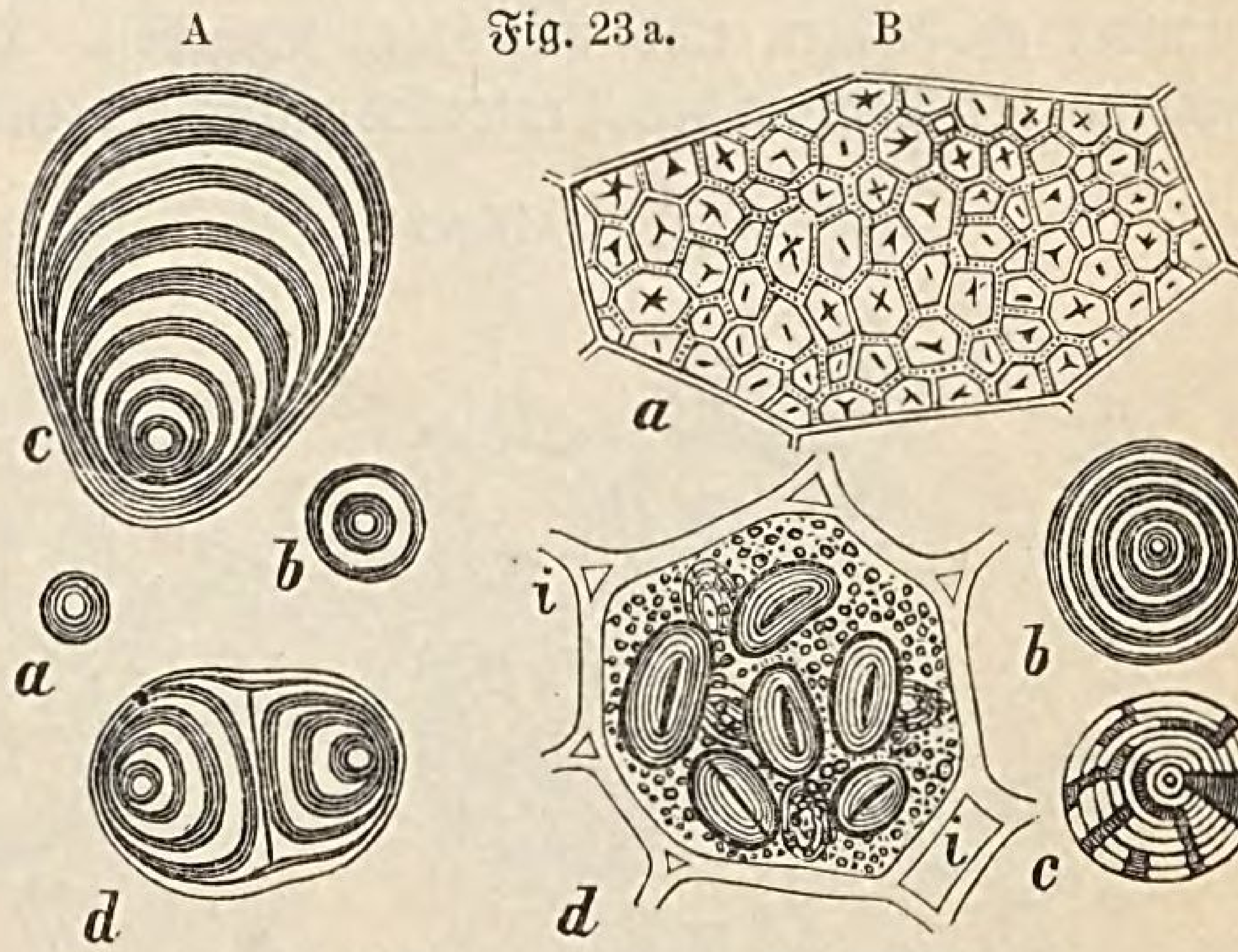
Fig. 23.



Schnitt durch einen Samenlappen des Keimes im reifen Samen von Pisum sativum.
st die großen konzentrisch geschichteten Stärkekörner; a Aleuronkörner (aus Legumin und Fett), i Intercellularräume.

Die Stärke tritt in gewissen Zellen fast aller Pflanzen in Körnern von sehr verschiedener Gestalt und eigentümlicher Schichtung auf. Manche Pflanzen, z. B. Kartoffeln, Getreide, Hülsenfrüchte enthalten große Mengen davon, und sie kann leicht durch Auswaschen der zerrissenen Zellen als Stärkemehl gewonnen werden. Das Stärkekorn (oval — Kartoffel, linsenförmig — Weizen, Roggen, vieleckig — Mais, knochenartig — tropische Wolfsmilcharten) (Fig. 23a) besteht aus Stärkesubstanz (Amylum), die stets um einen Kern konzentrisch geschichtet ist in wasserreicheren und wasserärmeren Schichten, aus Wasser und kleinen Mengen mineralischer Stoffe. Die Stärke gehört wie die Cellulose zu den Kohlehydraten und hat mit dieser gleiche Formel ($C_6 H_{10} O_5$ mit Wasser). In heißem Wasser quellen die Körner und zersprengen die äußerste Schicht; trockne Hitze (200° C.), Kochen mit Schwefelsäure führt sie in Dextrin über. Mit Jodlösung färben sie sich schmutzigblau.

A Fig. 23a. B



A Stärkekörner aus der Kartoffelknolle.
ab junge Körner, c älteres einfaches, d zusammengesetztes Korn.
B a **Zelle aus dem Sameneiweiß des Mais.**
b Stärkekörner des Roggens (c keimender Roggen), d aus den Samenlappen der Bohne, (i Intercellularräume).

Die Stärke gehört zu den wichtigsten Stoffen der Pflanze, da sie in gewissen Organen (Samen, Wurzeln, Knollen) erzeugt und abgelagert

wird, um später beim Keimen und Wachsen in löslichen Zucker übergeführt und als Nahrung für den Keimling gebraucht zu werden.

Die Krystalle, die in Pflanzenzellen häufig auftreten, bestehen meist aus oxalsaurem Kalk, welcher in Gestalt quadratischer Oktaëder oder klinorhombischer Nadeln und Spieße (sogen. Rhaphiden), die zu großen Bündeln vereinigt sind, vorkommt.

d) Entstehung der Zellen. Alle Gewächse pflanzen sich fort und wachsen durch Bildung neuer Zellen. Diese entstehen aus bereits vorhandenen, indem der Protoplasmakörper einer Mutterzelle aus sich heraus die Neugestaltung einer Tochterzelle vollzieht, die sich eher oder später mit Zellhaut umkleidet. Nach den hierbei stattfindenden Vorgängen unterscheidet man 3 Haupttypen der Neubildung:

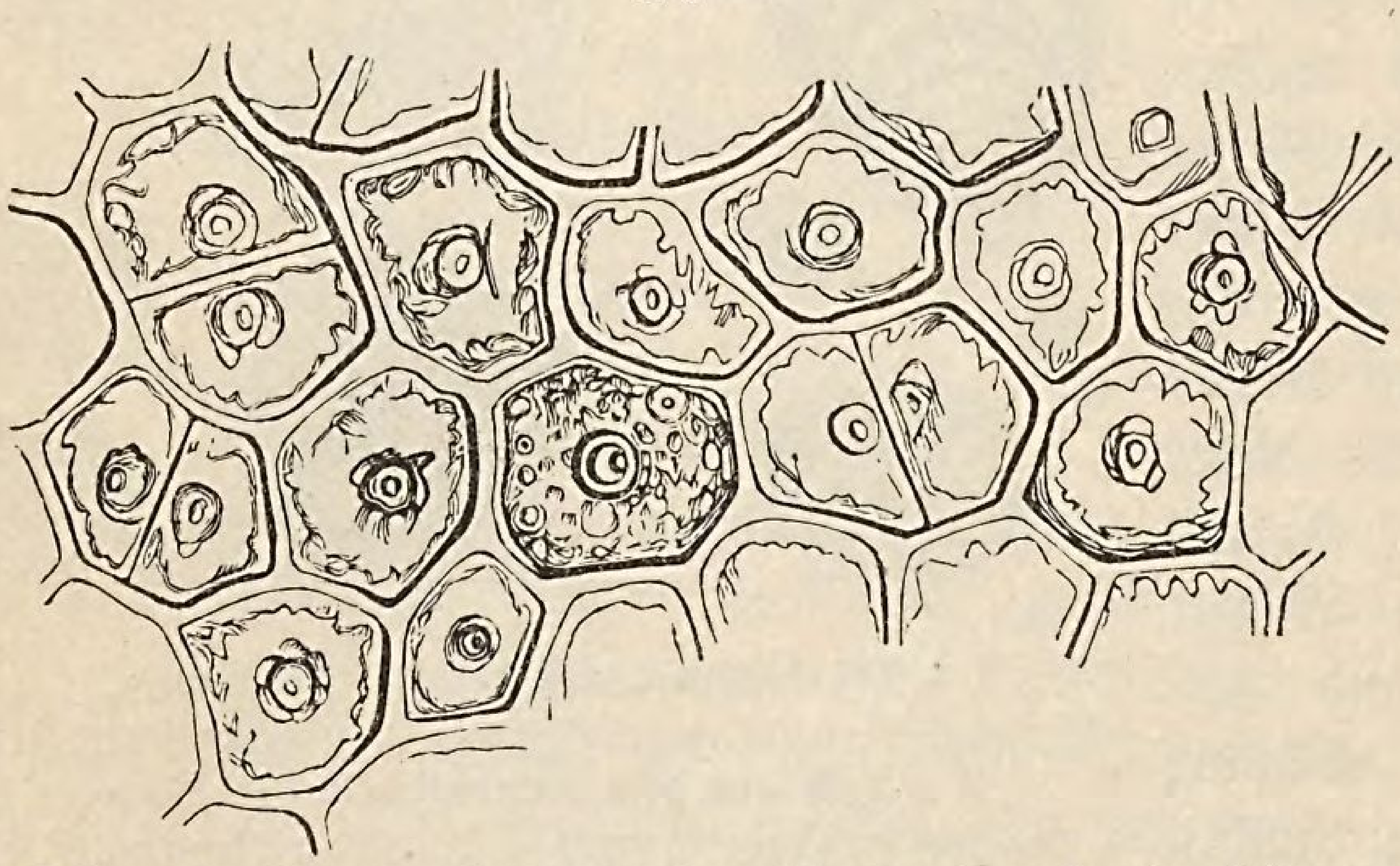
a) Die Verjüngung oder Erneuerung. Der gesamte Protoplasmakörper einer Mutterzelle gestaltet sich zu einer einzigen Tochterzelle. Letztere verläßt die zu Grunde gehende Mutterzelle entweder als nackte Zelle in Gestalt einer Schwärmzelle, umgiebt sich mit einer Zellhaut und entwickelt sich zur neuen Pflanze (z. B. bei vielen Algen; Oedogonium); oder sie bleibt vorläufig in der Mutterzelle liegen und umgiebt sich nach erfolgter Befruchtung mit einer Zellhaut, um sich dann zur jungen Pflanze zu entwickeln (z. B. das Ei mancher Algen und Pilze).

b) Die Konjugation oder Kopulation. Zwei oder mehrere Zellen vereinigen ihren Protoplasmakörper zu einem einzigen neuen Protoplasmakörper, der sich mit einer neuen Zellhaut umgiebt; die neue Zelle ist eine Zygospore (Fortpflanzung vieler Algen und Pilze).

c) Die freie Zellbildung. An Stelle des einen Zellkernes in der Mutterzelle bilden sich mehrere, und jeder umgiebt sich mit Protoplasma und Haut (z. B. Schlauchpilze).

Die Zellteilung. Die Mutterzelle spaltet sich in Tochterzellen, welche sich von einander abschnüren und mit Haut umgeben. Hierbei kann sich die letztere bereits während der Teilung des Protoplasmakörpers entwickeln (succedane Membranbildung, z. B. Spirogyra), oder die Zellhaut wird erst nach vollendeter Teilung gebildet (simultane Membranbildung). Die Zellteilung ist stets mit einer Vermehrung der Zahl der Zellen verknüpft, und sie spielt die Hauptrolle beim Wachstum der Pflanzenorgane. Verjüngung, Konjugation, freie Zellbildung sind dagegen die Mittel der Fortpflanzung zur Erzeugung neuer Individuen; eine Vermehrung von Zellen ist damit keineswegs immer verbunden.

Fig. 24.



Zellgewebe (Markparenchym) aus dem Marke einer Knospenspitze der Roßkastanie.

2. **Das Gewebe.**

Sämtliche hochorganisierte Pflanzen bestehen aus zahlreichen Zellen, die in ihrer Gemeinschaft ein Gewebe bilden, d. h. eine Vereinigung von Zellen, welche von gleichen Wachstumsgesetzen beherrscht wird. Fig. 24.

Die Zellen können sich hierbei an einander legen als:

Zellfäden oder Zellreihen. Sie stoßen mit nur 2 einander gegenüberliegenden Endflächen an einander (z. B. Fadenalgen und Fadenpilze).

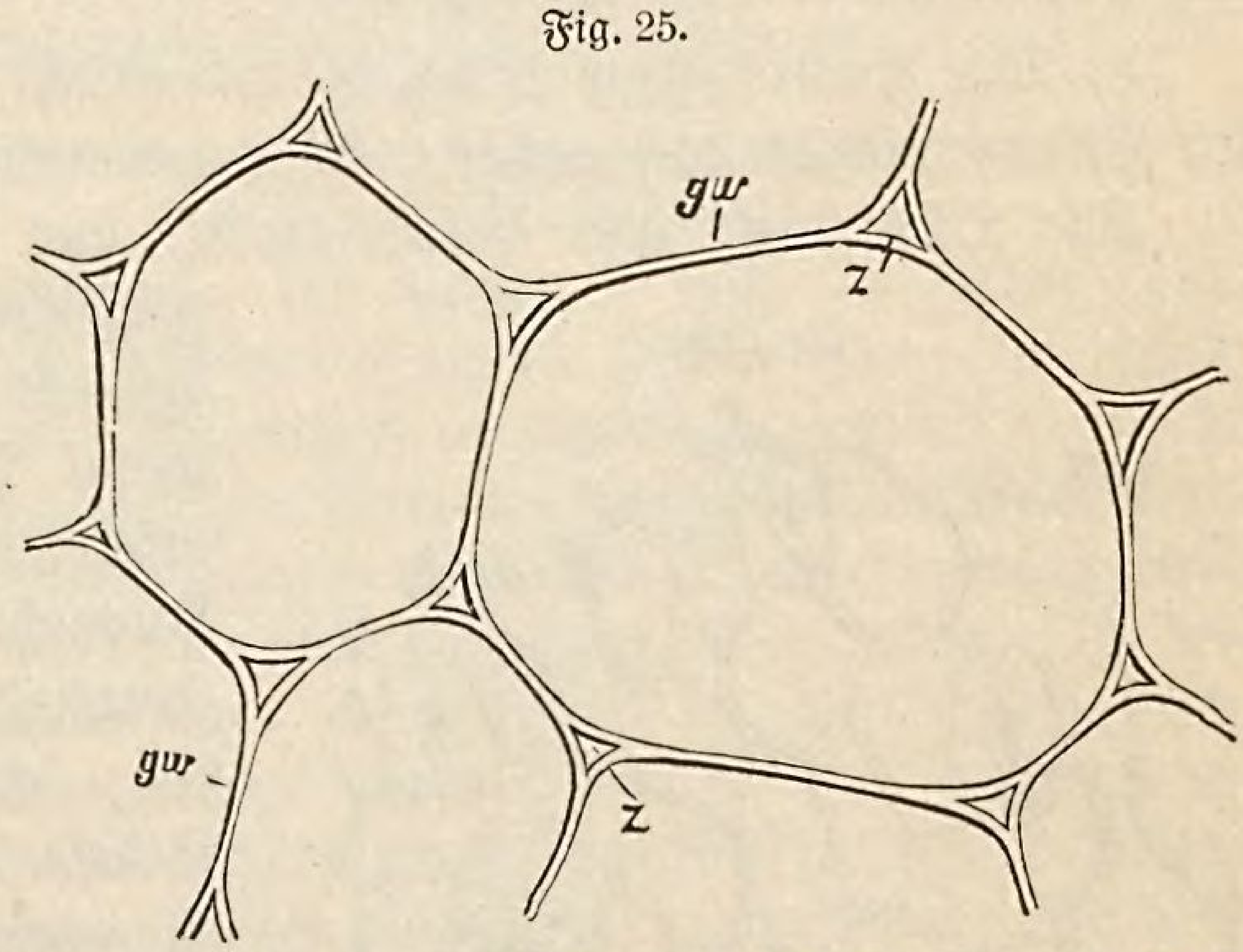
Zellflächen. Die Zellen sind nach den Richtungen der Fläche verbunden, die Dicke der ganzen Gewebeschicht ist gleich der Dicke einer Zelle (Algen, Lebermoose).

Zellkörper. Die Zellen sind nach allen Richtungen mit einander verbunden.

Bei jungen Geweben sind die trennenden Wände zwischen Nachbarzellen sehr zart und dünn und erscheinen als einheitliches Ganzes, als einfaches Plättchen ohne irgend welche Zwischenspalte. Später tritt sehr häufig noch ein Plättchen auf, welches die Zellwand trennt, so daß das eine Plättchen der einen, das andere der anderen Zelle angehört, das Mittelplättchen dagegen beiden gemeinsam ist. Das letztere ist eine Mittelschicht der ursprünglichen Zellhaut, eine abgeänderte Cellulose und wird als Zwischenzellen- oder Intercellularsubstanz bezeichnet. Dieselbe ist bei vielen Pflanzen, Tangen, Hölzern sehr stark entwickelt, so daß die beiderseitigen Zellenplättchen verhältnismäßig dünn erscheinen. Kocht man feine Querschnitte von Geweben in einem Gemisch von Salpetersäure und chlorsaurem Kali, so löst sich die Intercellularsubstanz vollständig und allein auf, und man kann dies Verfahren zur Isolierung (Maceration) der Zellen benutzen.

Dort, wo 3 und mehr Zellen mit ihren sich abrundenden Zellenwänden zusammenstoßen, tritt in späterer Zeit infolge von Spannungen durch ungleiches Wachstum der angrenzenden Zellwände eine Trennung der letzteren ein, und es werden durch dies Auseinandertreten 3- oder 4seitige, engere oder weitere, mit Luft erfüllte Lücken, die Intercellularräume, gebildet. Fig. 25. Dieselben treffen auf einander, und es entstehen dieserweise Intercellulargänge und durch deren Verbindung ein Kanalsystem, welches einerseits durch die Oberhaut mit der Luft in Verbindung tritt und den Gasaustausch bewirkt, andererseits auch Raum gewährt zur Abscheidung gewisser Substanzen aus den benachbarten Geweben. (Harze der Nadelhölzer, ätherische Öle der Doldengewächse ꝛc.)

Fig. 25.



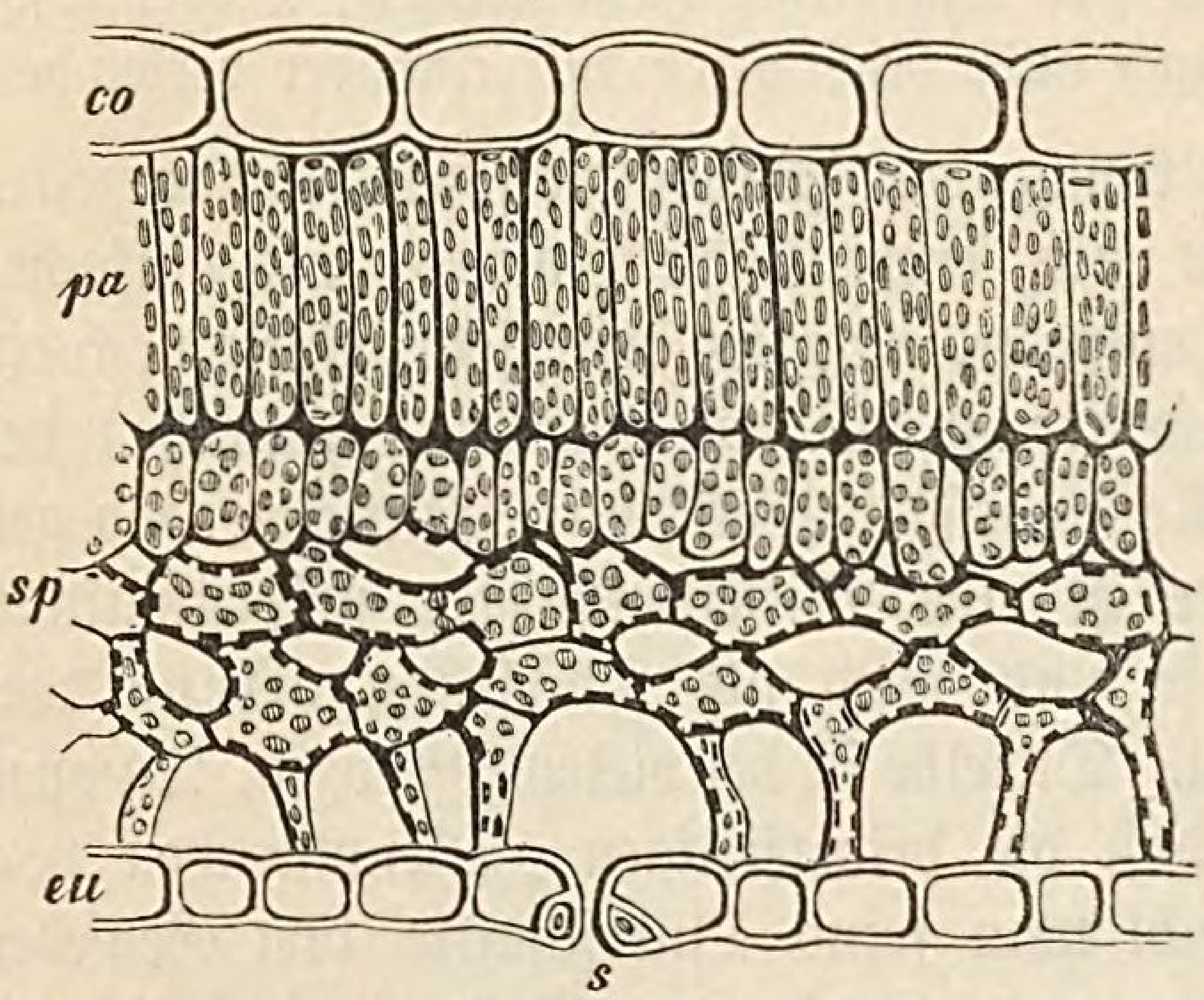
Intercellularräume (z) **zwischen den Markzellen vom Mais** (550fach vergr.). gw die gemeinsame Wand.

Das ganze Zellgewebe einer Pflanze kann nach Gestalt und Aneinander-

lagerung der Zellen eine gleichartige oder ungleichartige Masse darstellen. Letzteres ist am häufigsten der Fall, und man unterscheidet mit Bezug hierauf folgende verschiedene Gewebeformen:

Kurzzellgewebe (Parenchym). Die Zellen sind nahezu eben so lang als breit (Blätter, Mark). Langzellengewebe oder Fasergewebe (Prosenchym). Die Zellen sind viel länger als breit, an den Enden zugespitzt und mit ihren Spitzen in einander geschoben (Holz und Bast). Mit Bezug auf die Bedeutung der Gewebe für die Entwicklung der Organe unterscheidet man die Gewebeformen als: Teilungsgewebe (Meristem). Es besteht aus Zellen, die bei langsamem Wachstum sich wiederholt teilen, derart, daß ein Teil Tochterzellen fortfährt, sich zu teilen, der andere dagegen aufhört (äußerste Stengel- und Wurzelspitzen, junge Blätter und Keimlinge). Dauergewebe. Seine Zellen teilen sich nicht mehr, sie erlangen vielmehr nach bestimmtem Wachstum einen Zustand definitiver Ausbildung, durch den sie entweder durch ihre Festigkeit oder durch ihren Inhalt der Pflanze dienen.

Fig. 26.



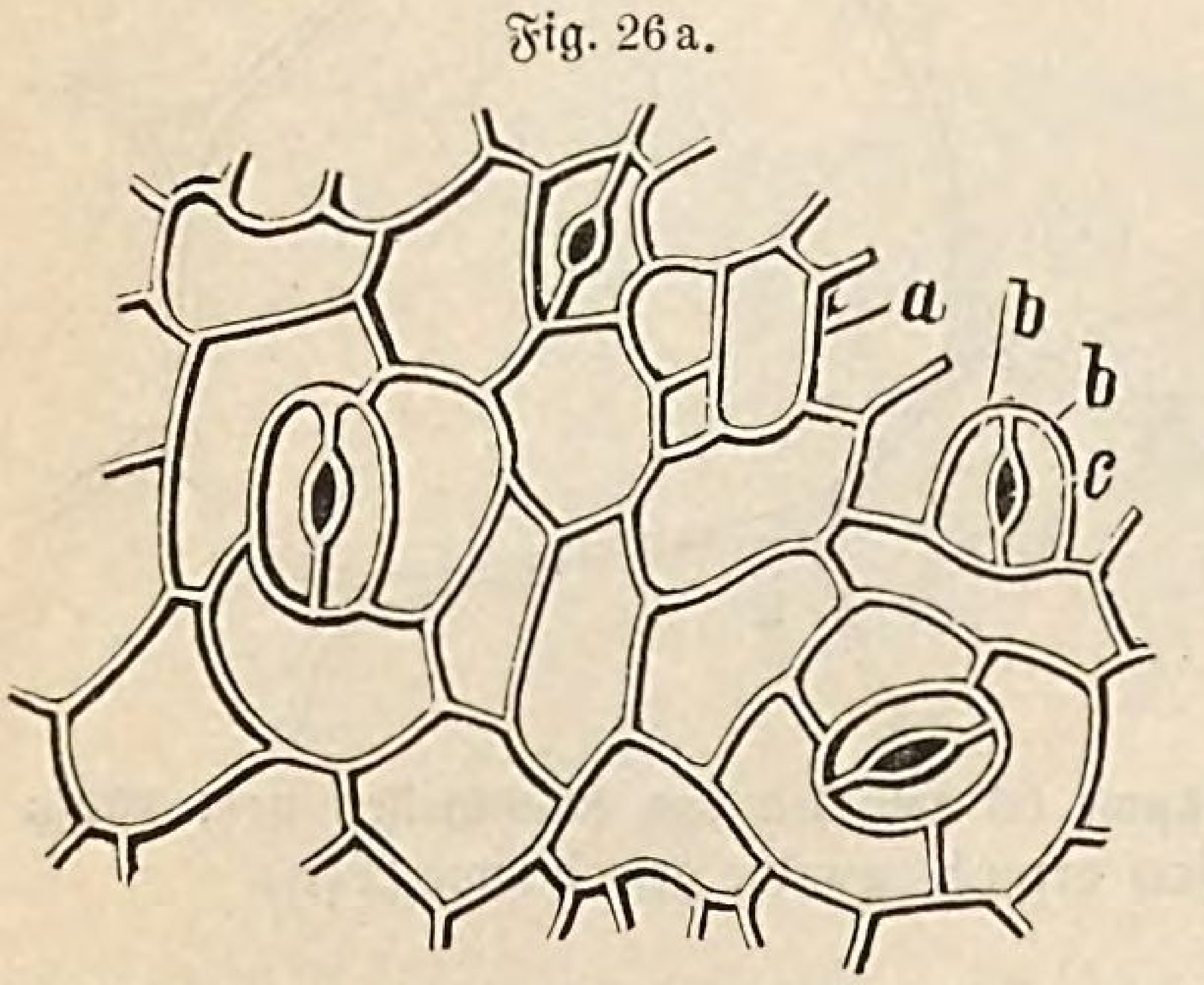
Querschnitt durch ein Stück eines Buchenblattes.
(350fach vergr.)
co Epidermis der Oberseite, eu Epidermis der Unterseite, s Spaltöffnung, pa Pallisadenparenchym, sp Schwammparenchym.

Diese Gewebeformen ordnen sich bei den höheren Pflanzen nach bestimmten Gesetzen an und bilden Gewebesysteme, die man unterscheidet als Hautsystem, Fibrovasalsystem und Grundgewebesystem. Fig. 26.

a) Das Hautsystem bildet die Oberfläche der Gewebemasse und begrenzt den Pflanzenkörper nach außen. Man unterscheidet:

Die Oberhaut oder Epidermis, aus einer einzigen, oberflächlichen Zellenlage gebildet, deren Zellen häufig gestreckt (Wurzeln, Stengel, Blätter vieler Monokotyledonen) oder breit, tafelförmig sind (breite Blätter). Mit Ausnahme der Spaltöffnungen sind Intercellularräume meist nicht vorhanden, ebensowenig Chlorophyll und Stärke. Die Außenwand der Zellen ist gewöhnlich verdickt, geschichtet, die äußerste Schichte derselben (die Cuticula) scharf abgesetzt und nach Behandlung mit Kali oder verdünnten Säuren als Häutchen abziehbar. Die Oberhaut zeigt bei manchen Pflanzen eine Einlagerung von sogenanntem Wachs, welches häufig als bläulicher Reif (bei

Fig. 26a.

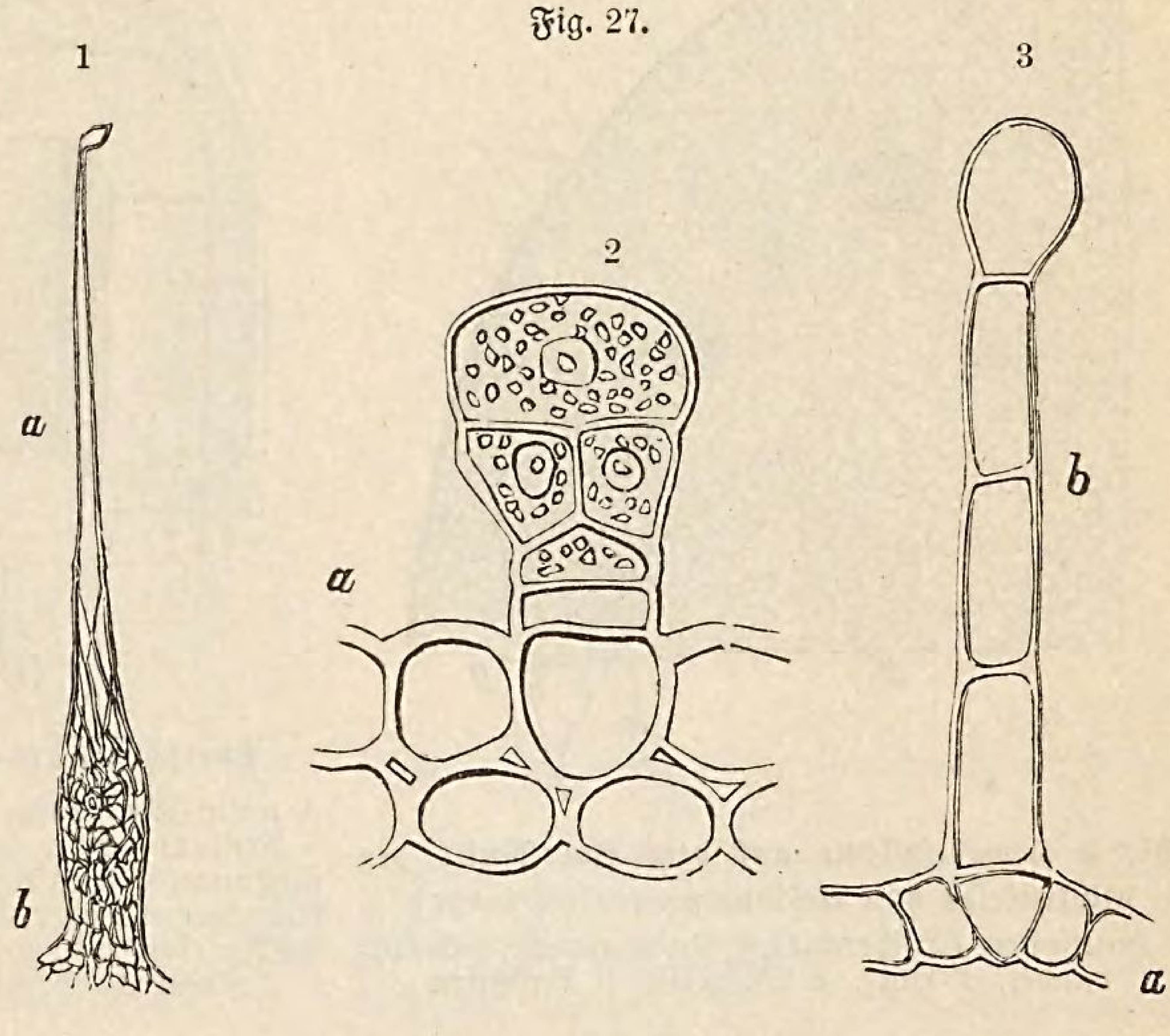


Oberhaut des gemeinen Kohls.
a Zellen, bb halbmondförmige Zellen, dazwischen die Spaltöffnung c.

Früchten) erscheint, auch die Oberfläche vor dem Eindringen des Wassers schützt. An den oberirdischen Organen (Laubblättern) ist die Oberhaut durchsetzt von Spaltöffnungen (bis zu 300 und mehr auf das qmm), gebildet durch je 2 halbmondförmige Schließzellen, die zwischen sich die Spalte freilassen, welche zu dem darunter liegenden, größeren Intercellularraume, der Atemhöhle, führt und die Kommunikation mit der Luft und somit den Gasaustausch der Pflanze mit jener ermöglicht. Fig. 26 und 26a.

Durch einseitige Auswachsung der Epidermiszellen entstehen die Haare, welche entweder mit der Mutterzelle in Verbindung bleiben (z. B. Wurzelhaare, Haare der Samenschale von Gossypium), oder sich teilen, Zellflächen und Zellkörper bilden. Sie sind häufig mit Luft erfüllt (Baumwolle) oder auch mit scharfen Stoffen (z. B. mit Ameisensäure die Brennhaare der Brennesseln). Fig. 27.

Fig. 27.



1 **Brennhaare der Brennnessel.**
a Haar mit Protoplasmaströmchen, b polsterartige Unterlage.
2 **Drüsenhaar vom Blattstiele des roten Bienensaugs.**
a Zellen der Rinde.
3 **Haar vom Stengel des Wiesenstorchschnabels.**
a Zellen der Rinde, b Haar.

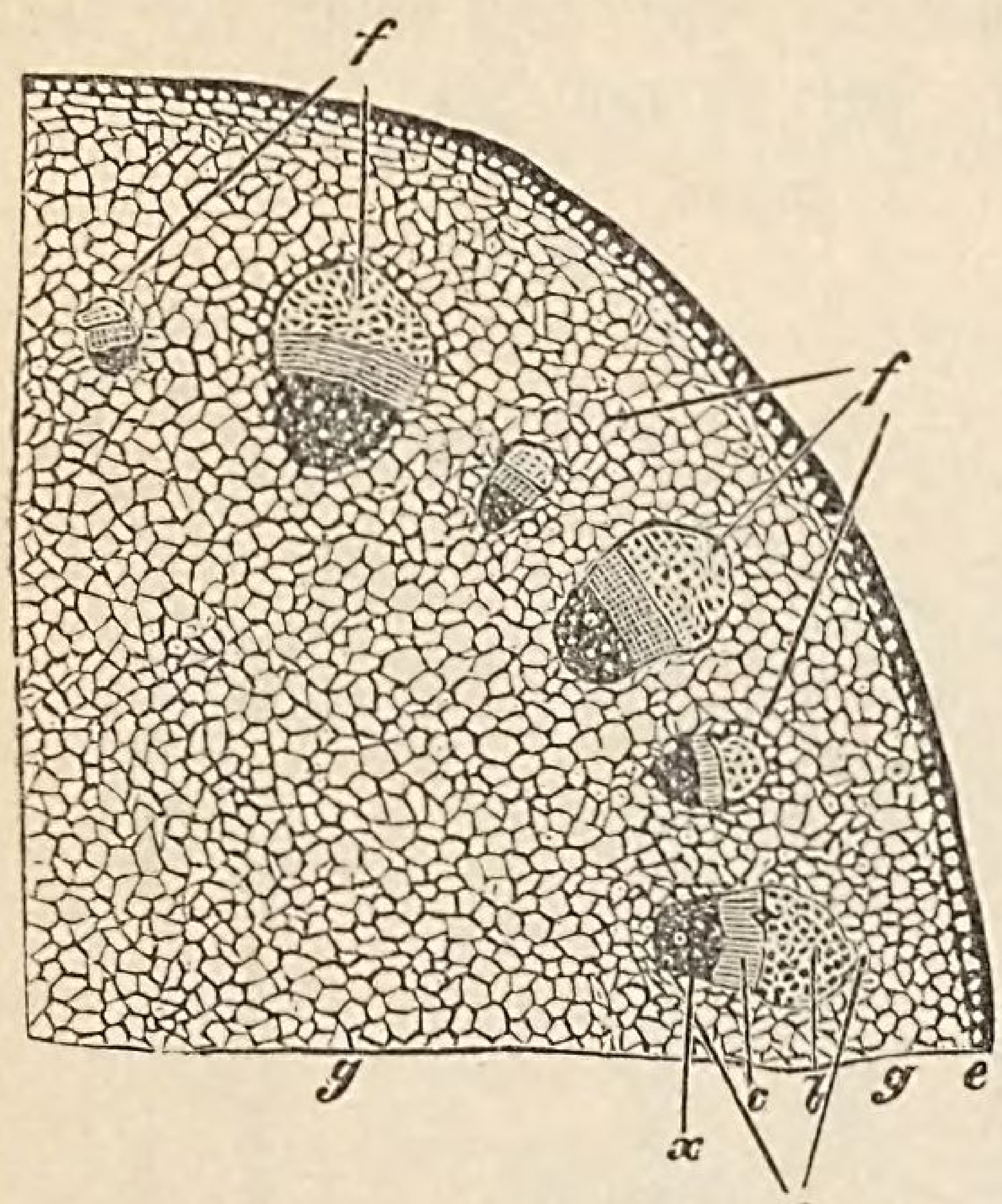
Bei Pflanzenteilen, welche sich sehr verdicken (Stämme der Hölzer, Wurzeln, Knollen 2c.), vermag die Epidermis der Vergrößerung des Umfanges nicht zu folgen, und es entsteht hierdurch aus der unter derselben liegenden grünen Rinde ein neues Hautgewebe, der Kork (Periderm), aus tafelartigen, reihenweise an einander liegenden, für Wasser undurchlässigen, mit Luft erfüllten Korkzellen gebildet. Die Korkbildung beginnt gewöhnlich schon an einjährigen Zweigen, was man daran erkennt, daß die grüne Färbung der absterbenden Epidermis der bräunlichen Platz macht. Da die Korkzellen für Wasser undurchdringlich sind, so vertrocknen sie, werden rissig und bilden die abgestorbenen Rindenmassen, welche man als Borke kennt. Korkbildung tritt auch ein, wenn saftige, nicht mehr im Knospenzustand befindliche Organe höherer Pflanzen verletzt werden; die Wunde verschließt sich dann durch Korkzellen. Bei Verletzungen der Bildungsschichte (Cambium) entsteht nicht sogleich Kork, sondern zunächst ein gleichartiges Gewebe, Callus genannt, aus dem sich neues Cambium erzeugt, und erst auf dessen Außenseite die Korkschichte.

b) Das Fibrovasalsystem. Die Gefäßbündel oder Fibrovasalstränge sind eigentümliche Gewebsmassen, welche den Pflanzenkörper der höheren Pflanzen teils in das Grundgewebe eingebettet in Gestalt von Fäden

und Strängen durchziehen, teils denselben zur Hauptsache zusammensetzen (z. B. Holz und Bast der Bäume).

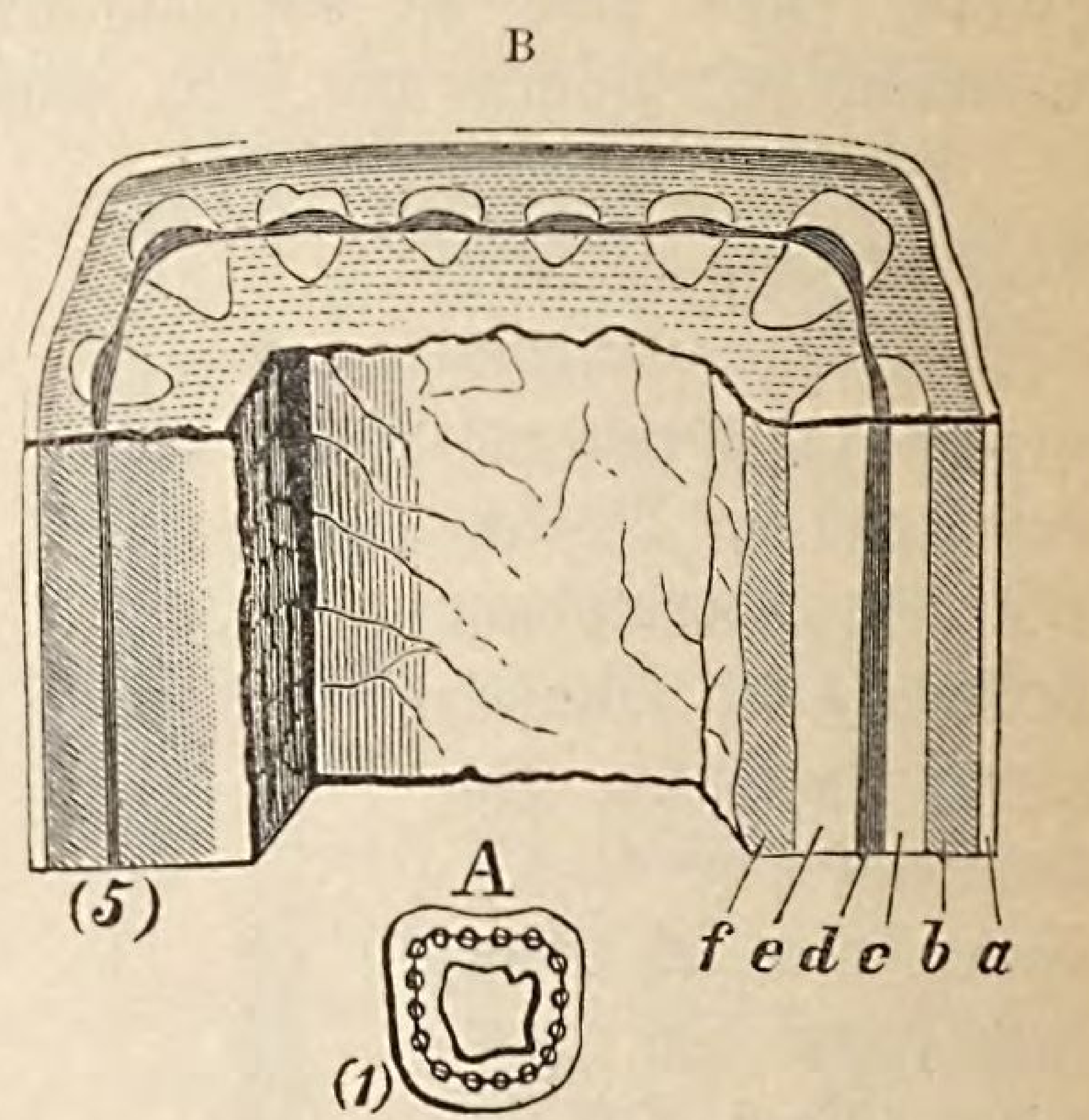
In Pflanzenorganen, die der Länge nach entwickelt sind, liegen auch die Gefäßbündel nach der Länge gestreckt, so daß ein Querschnitt eines Stengels oder Stammes

Fig. 28.



Die 3 Gewebesysteme auf dem Querschnitt des Blattstieles von Helleborus (20 fach vergr.). Hautsystem (Epidermis), g Grundgewebe, f Gefäßbündel, x Holz, c Weichbast, b Bastfaser.

Fig. 29.



Querschnitt des Stengels der Gartenerbse.

A natürliche Größe, B unter der Lupe, a Oberhaut, b Rindenschicht, c äußerer, e innerer Teil des Gefäßbündels, d saftige, dunkelgrüne Substanz (Bildungsgewebe oder Cambium, das sich nach beiden Seiten fortsetzt und so einen ununterbrochenen Kreis im Stengel darstellt), f Markreste.

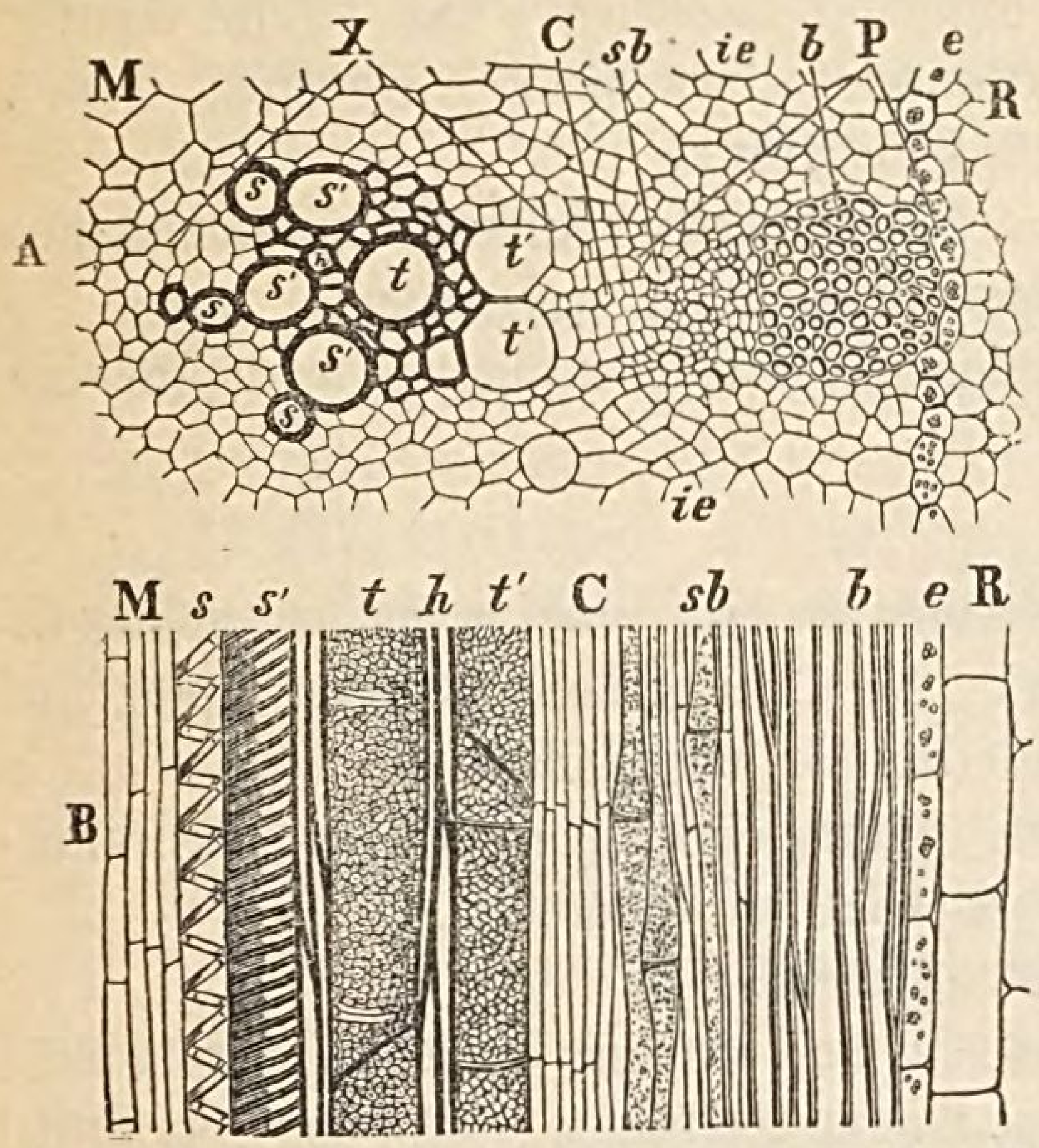
auch einen Querschnitt jener liefert (Fig. 28); in den Blättern setzen sich dieselben als Nerven fort. Die von letzteren ausgehenden „*Blattspurstränge*" verlaufen also rückwärts in den Stengel, und zwar entweder

1. so, daß sie alle zu einem einzigen Strange sich vereinigen, der in der Achse des Stengels liegt (nur selten, z. B. bei einigen Wasserpflanzen und Farnen); oder
2. so, daß die Stränge aus jedem Blatt einzeln in den Stengel laufen, zunächst bis nach der Stengelmitte gehen, dann nach dem Rande ausbiegen und erst tief unten sich teilweise vereinigen. Der Querschnitt derartiger Stengel in verschiedenen Höhen genommen (z. B. der Monokotyledonen) läßt dann die Gefäßbündel über den ganzen Stengel zerstreut erscheinen; oder endlich
3. so, daß die Stränge von jedem Blatte einzeln oder parallel neben einander in *annähernd gleicher Entfernung* von der Achse im Stengel nach unten laufen. Der Querschnitt des Stengels zeigt dann *alle Stränge in einen dem Umfang parallelen Kreis* gestellt, welcher das Grundgewebe in 2 Teile schneidet: einen innern, das *Mark*, und einen äußern, die Rinde, beide verbunden durch zwischen den Strängen laufendes Grundgewebe, die *Markverbindung* (Dikotyledonen und Gymnospermen).

Jeder vollkommen ausgebildete *Fibrovasalstrang* läßt zweierlei Gewebeformen erkennen: den *Holzteil* (das Xylem) und den *Bastteil* (das Phloëm).

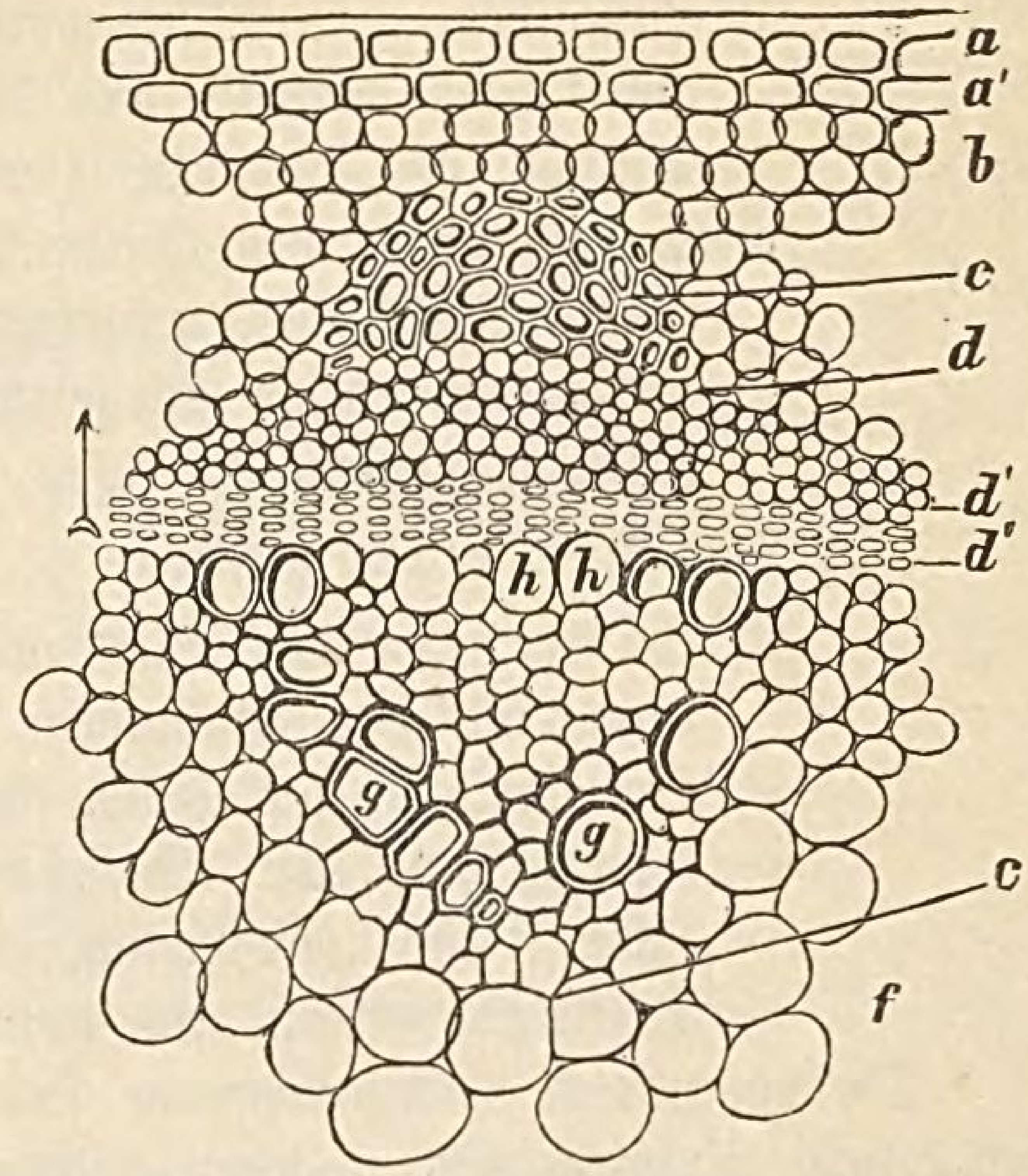
Bei den Gefäßkryptogamen und Monokotyledonen sind Holz und Bast die einzigen Bestandteile des Stranges, und man nennt ihn geschlossen, denn er vermag sich nicht durch Bildung neuer Gewebemassen zu verdicken. Fig. 32.

Fig. 30.



A Querschnitt durch einen offenen Gefäßbündelstrang im Stengel der Sonnenblume.
B Radialer Längsschnitt.
M Mark, x Holz, c Cambium, P Bast, R Rinde, s enge, s' weitere Spiralgefäße, t getüpfeltes Gefäß, t' solches in der Ausbildung, h Holzfaser, sb Siebröhren, b Bastfasern, e Schutzscheide.

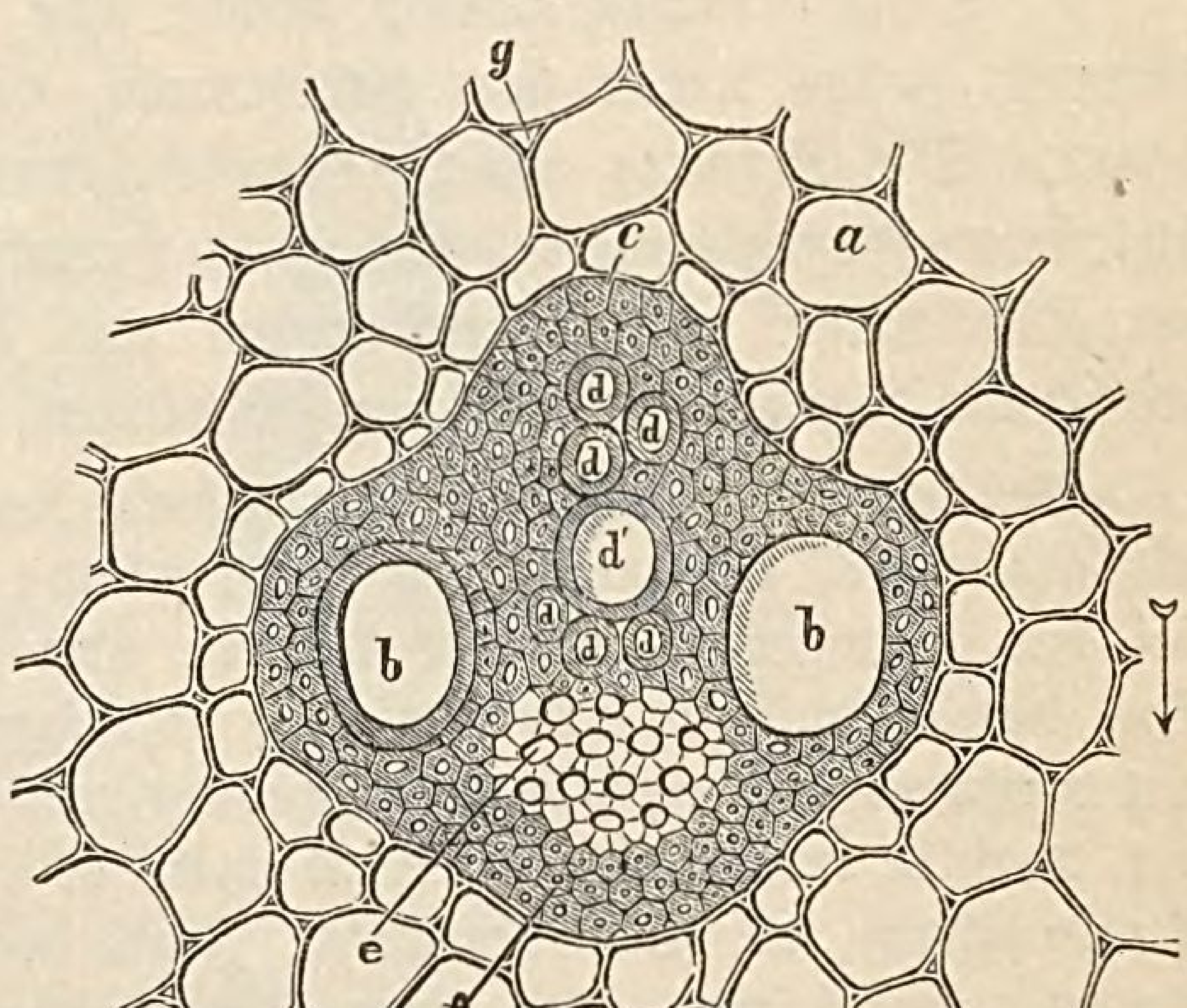
Fig. 31.



Querschnitt durch das offene Gefäßbündel der Erbse.
(230 fach vergr.)
a Oberhaut, a'b Rindenschicht, c äußerer Teil des Gefäßbündels (Bastschicht), dd'd' saftige dunkelgrüne Substanz (Bildungsgewebe), hh bis c' innerer Teil des Gefäßbündels (Holzschicht), f Markzellen. Die Gefäße in älteren Teilen (gg) haben dickere Wände als die jüngeren (hh).

Der Bast bildet bei ihnen die äußere, das Holz die innere Hälfte des Stranges oder auch umgekehrt. Bei den Nadelhölzern und Dikotyledonen dagegen ist zwischen Holz und Bast ein zartwandiges, teilungsfähiges Gewebe, das Cambium, eingeschaltet; die Gefäßbündel sind offene. Das Cambium vermag bei ausdauernden Stämmen alljährlich neue Zellen und somit Gewebsmassen zu bilden und einen Teil zu Holz und Bast umzuformen, welche alljährlich die Dicke des Stammes vergrößern. Der Querschnitt letzteres zeigt von innen nach außen: Mark, Holz, Cambium,

Fig. 32.



Querschnitt durch ein geschlossenes Gefäßbündel von Zea, Mais (↓ von innen nach außen).
a Grundgewebe, bb große getüpfelte Gefäße, e zartwandige Zellen, f Bast, bd' Saftgänge, c Holz.

Bast, Rinde. Bei manchen Pflanzen liegt auch innerhalb der Holzschicht noch eine Bastschicht (z. B. bei den Nachtschatten-, Kürbisgewächsen). Fig. 29, 30, 31.

1. Der Holzkörper eines Gefäßbündels zeigt folgende 3 Zellenformen:
   a) Gefäße. Lange Röhren, aus Reihen über einander liegender Zellen entstanden, deren Querwände aufgelöst (resorbiert) sind. Ihre Wände sind meist verdickt, die Verdickungen zeigen Ringe, Spiralen, Netze, Tüpfel; ihr Innenraum enthält Gase (Luft).
   b) Holzzellen oder Holzfasern. Langgestreckte, entweder dünnwandige, stets behöfte, oder betüpfelte, oder dickwandige Faserzellen.
   c) Holzparenchym mit dünnwandigen, einfach betüpfelten, protoplasmahaltigen Zellen.
2. Der Bastkörper zeigt:
   a) Bastgefäße oder Siebröhren mit weichen, nicht verholzten Wänden, ausgefüllt von schleimigem Saft; die Querwände (zuweilen auch die Seitenwände) der Zellen sind siebartig durchlöchert.
   b) Bastzellen oder Bastfasern. Langgestreckte, getüpfelte Zellen mit dicker Wand, geschmeidig, ohne lebendes Protoplasma.
   c) Bastparenchym aus dünnwandigen Zellen.

Die genannten Gewebeelemente sind nicht immer sämtlich in dem Gefäßbündel vorhanden, vielmehr fehlen öfter einzelne, z. B. die Bastzellen. Besonders weichen die Gefäßbündel der Wurzeln insofern ab, als sie eigentlich nicht einzelne Stränge enthalten, sondern das Bündel einen einzigen, in der Achse liegenden, hohlcylindrischen Strang darstellt, der mit Mark erfüllt und von Holz- und Bastbündeln durchsetzt ist.

Beim Holz unserer Bäume zeigen die Gefäße sämtlich eine behöft-getüpfelte Längswand, die Holzfasern bilden bei ihnen, wie auch bei den Sträuchern und stärkeren Kräutern meist die Grundmasse.

c) Das Grundgewebe bilden alle die Gewebsmassen des Pflanzenkörpers, welche weder zum Hautgewebe, noch zu den Fibrovasalsträngen gehören. Die Stämme vieler Monokotyledonen und Farne mit kleineren, geschlossenen Gefäßbündeln bestehen zur Hauptsache aus Grundgewebe; diejenigen der Nadelhölzer und Dikotyledonen mit offenen Gefäßbündeln und Dickenwachstum dagegen aus Fibrovasalsträngen, namentlich aus Holzkörper.

Bei letzteren nimmt das Grundgewebe dann gewöhnlich nur den centralen Teil als Mark und den peripherischen als Rinde ein. Die Zellen des Markes sterben bei den Holzpflanzen entweder teilweise oder sämtlich ab (z. B. beim Holunder). Das Grundgewebe ist bald kurzzellig, bald langzellig; letzteres zeigt sich faserig, oft mit verdickten und verholzten Zellwänden und daher fest. Tritt es als Hautgewebe auf, dasselbe verstärkend, so nennt man es Hypoderm und unterscheidet es als Collenchym und Sklerenchym. Jenes besteht aus gestreckten, engen, an den Enden zugeschärften Zellen, deren Längskanten weiße, quellungsfähige (leimartige) Verdickungsschichten zeigen, dieses aus dickwandigen, gestreckten, inhaltsleeren Faserzellen (Blätter der Nadelhölzer).

Ist das Grundgewebe aus saftreichen, dünnwandigen Zellen mit größeren Intercellularräumen gebildet, so führt es den Namen Füllgewebe (saftige Stengel, Wurzeln, Früchte, fleischige Blätter). Das chlorophyllhaltige Füllgewebe der Blätter (auch Mesophyll genannt) zeigt auf deren Oberseite schmale, senkrecht zur Oberfläche

stehende Zellen (Pallisaden), auf deren Unterseite unregelmäßig angeordnete, durch Spaltöffnungen getrennte, schwammartige Zellen.

Die Grundgewebe, welche die Gefäßbündel umhüllen, heißen Strangscheiden.

d) Saftbehälter der Gewebe. Sowohl im Grundgewebe, wie in den Gefäßbündeln zeigen sich Gewebeformen, welche zur Abscheidung gewisser Stoffe dienen und das Gewebesystem unregelmäßig durchsetzen. Dieselben sind Saftbehälter und bestehen teils aus einzelnen Zellen, teils aus schlauchartigen und gefäßartigen Bildungen; auch die Intercellularräume dienen dazu.

Nach dem abgeschiedenen Stoffe unterscheidet man:

a) Schleimgefäße. Sie haben die Gestalt von Schläuchen und enthalten Schleimmassen (Rinde der Tanne, Ulme, Knollen der Orchis).

b) Milchgefäße. Sie durchziehen die andern Gewebe netzartig und enthalten einen meist weiß gefärbten Milchsaft (Mohn, Löwenzahn, Wolfsmilch, Schöllkraut 2c.).

c) Gummi-, Harz- und Ölgänge. Als solche dienen die Intercellularräume (Gummi: Cycadeen; Harz: Coniferen; Öl: Doldengewächse).

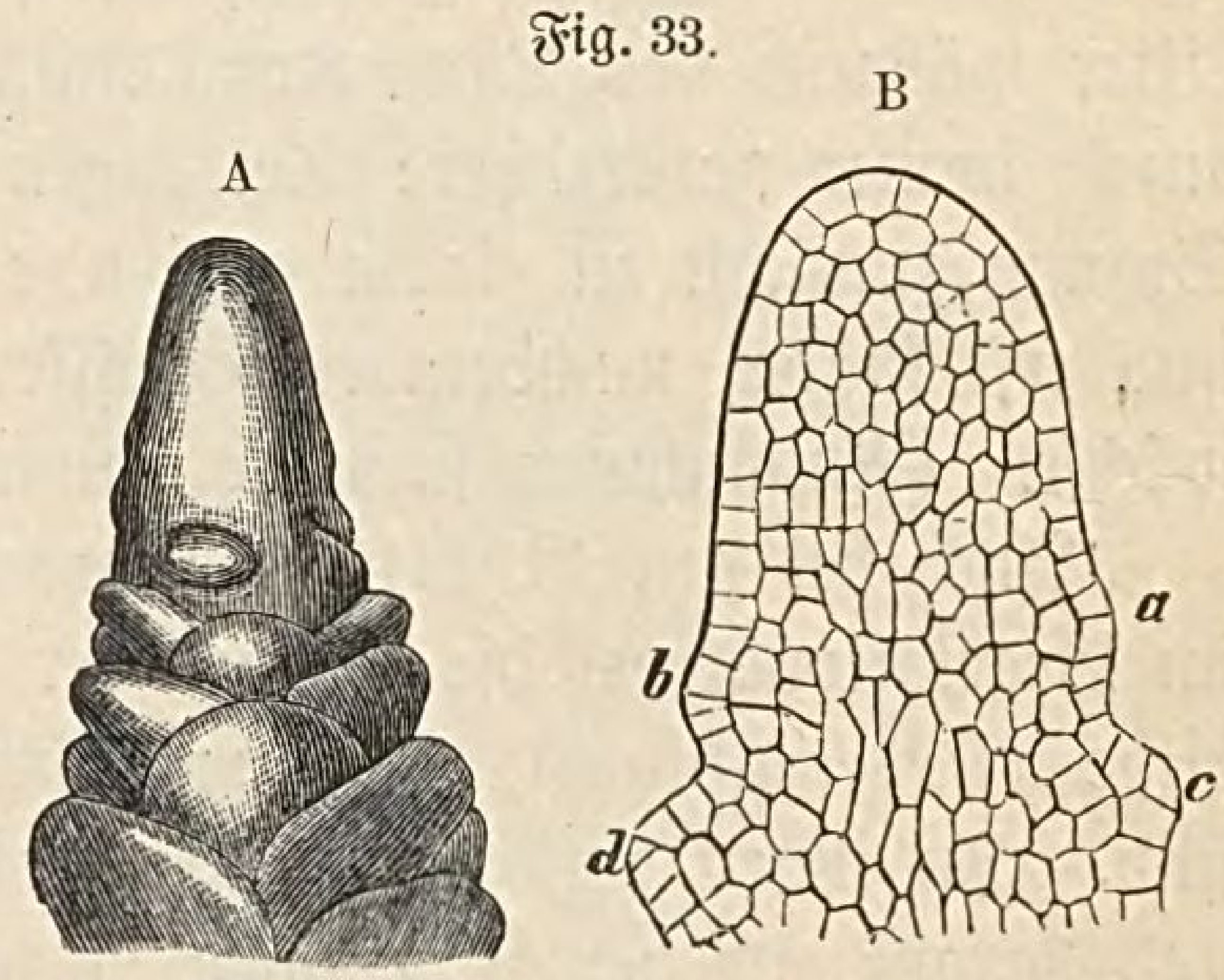
d) Drüsen. Es sind Hohlräume in verschiedenen Pflanzenorganen, in denen sich vorzugsweise ätherische Öle absondern (Fruchtschalen der Orangen und Citronen).

3. Entwickelung der Gewebe, Längen- und Dickenwachstum der Pflanzen.

Die besprochenen Gewebesysteme setzen nur den Körper der höheren Pflanzen zusammen. Den auf der untersten Stufe der Entwickelung stehenden Tallophyten fehlen sie; der Körper derselben besteht aus fast gleichartigen Zellen. Bei größeren Pilzen und Tangen zeigt sich äußerlich zwar eine Art Hautgewebe, deutlich und mit Spaltöffnungen tritt dasselbe jedoch erst auf bei den Moosen. Die Stengel und Blätter der Laubmoose lassen dann bereits die Anfänge von Gefäßbündeln erkennen, bis in den entwickelten Organen der Gefäßkryptogamen und Phanerogamen alle 3 Gewebeformen deutlich gesondert auftreten.

Dieselben sind ferner nur in den ausgebildeten Organen der Pflanzen (in Wurzeln, Stengeln, Blättern) vorhanden, nicht aber an dem fortwachsenden Ende der Sprosse, Blätter und Wurzeln. Der Scheitel dieser Organe, welcher weiter wächst, heißt der Vegetationspunkt, und wenn er als konische Verlängerung vorgeschoben ist, Vegetationskegel. Fig. 33.

Fig. 33.



A **Vegetationskegel eines Zweiges der Wasserpest.**
B **Längsschnitt des Kegels mit Kalilauge behandelt.**
Urmeristem, a b c d Blätteranlagen.

Derselbe zeigt ein gleichförmiges Gewebe, dessen Zellen sämtlich teilungsfähig, protoplasmareich und dünnwandig sind. Man nennt es Urgewebe (Urmeristem), weil es den ersten Zustand des Gewebes darstellt, aus welchem sich durch verschiedene Ausbildung (Differenzierung) die verschiedenen Dauergewebeformen entwickeln, wie man sie weiter rückwärts in den Stengeln, Wurzeln 2c. findet. Während also die

weiter rückwärts liegenden Partieen des Gewebes sich zu Dauergewebe in seinen Formen differenzieren, wächst der Scheitel weiter durch neue Zellen und bildet immer wieder neues Urgewebe. Bei den Kryptogamen lassen sich sämtliche Zellen des Urgewebes in ihrem Ursprunge auf eine Urmutterzelle zurückführen. Diese sich durch Größe und Form auszeichnende Zelle liegt am Scheitel des wachsenden Sprosses und heißt Scheitelzelle. Indem sie sich in bestimmter Reihenfolge in 2 Zellen teilt, wovon die eine der ursprünglichen Scheitelzelle ähnlich bleibt und als solche weiter fungiert, die andere (das Segment) durch weitere Teilung das Gewebe des Organs bildet, ist das Wachstum vorwärts und die Gewebebildung rückwärts gesichert. Die Vegetationspunkte der Phanerogamen lassen Scheitelzellen in diesem Sinne nicht erkennen, vielmehr ist hier eine Zellengruppe vorhanden, aus welcher das rückwärts liegende Zellgewebe entspringt.

Die Urgewebe des Vegetationskegels differenzieren sich bei weiterem Wachstum des Sprosses zunächst in Mark und Rinde. Jenes ist oft schon ausgebildet, wenn die peripherischen Gewebe noch in voller Entwickelung befindlich sind, daher wird es stark gedehnt, seine Zellen reißen schließlich und kleiden, manchmal fast vertrocknet, die Innenwand des nun hohlen Stengels aus (Taraxacum, Zwiebel, Gräser 2c.), oder hängen nur noch in einzelnen Bändern zusammen (Zweige der Walnuß).

Die Stämme der Gefäßkryptogamen und Monokotyledonen erzeugen aus dem Gewebe, welches den Kern des Vegetationskegels bildet, Stränge von gestreckten, zartwandigen Zellen (Procambium), welche sich in Holz und Bast verwandeln. Ist das letztere geschehen, und sind die in einen oder mehrere Kreise geordneten Gefäßbündel geschlossen, so vermag der Stamm nicht mehr an Dicke zuzunehmen. Daß trotzdem der Stamm einer alten Palme dicker als der einer jungen ist, hat seinen Grund darin, daß mit zunehmendem Alter während des Längenwachstums auch das Gewebe des Vegetationskegels durch immer zahlreichere Teilungen an Umfang zunimmt und dadurch der Stamm zunächst zu einem auf der Spitze stehenden Kegel sich ausbildet und erst später, nachdem ein gewisser Umfang erreicht ist, als Cylinder weiterwächst. (Ausnahmen sind die baumartigen Liliaceen.)

Auch bei den Gymnospermen und Dikotyledonen findet sich bereits im Vegetationskegel die Anlage der Gefäßbündel in Gestalt strangartiger Gebilde (Procambium), die von Grundgewebe (Markverbindungen) durchsetzt sind. In ihnen entstehen später auf der Außenseite des Stranges Bastzellen und darauf an der Innenseite einzelne Holzgefäße, aus denen im Verlaufe des Wachstums Bast und Holz hervorgehen. Beide stoßen niemals in einem geschlossenen Strange zusammen, sondern sind durch eine schmale Zwischenschicht (Teilungsgewebe), welche von jetzt ab Cambium heißt, getrennt. Von dem Cambium der offenen Gefäßbündel geht nun das weitere Dickenwachstum des Stammes aus, was folgenderweise geschieht.

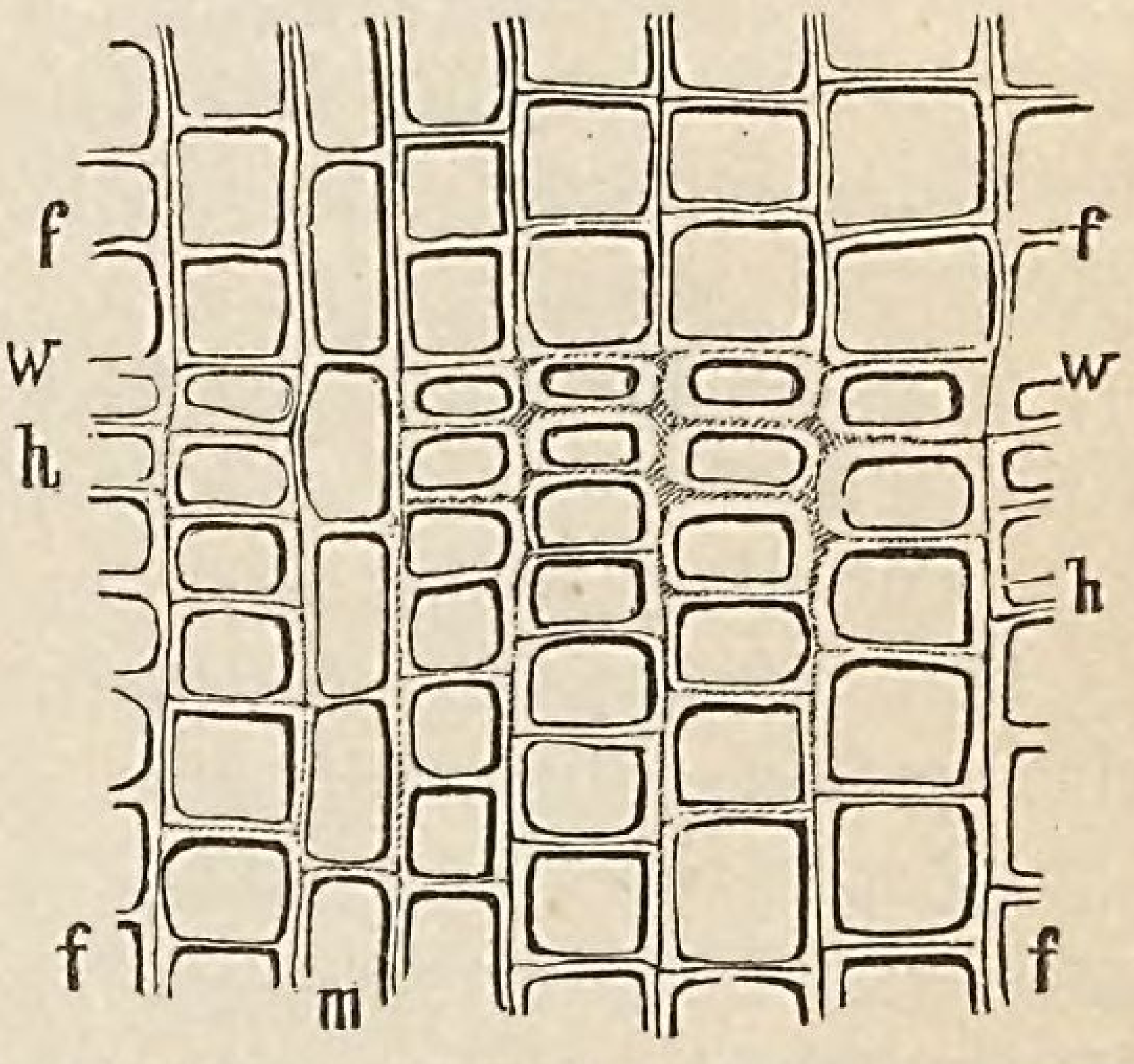
Nehmen wir als Ausgangspunkt die Zeit an, wo im Keimstengel sich Fibrovasalstränge soeben deutlich gebildet haben. Sie liegen dann, im Querschnitt gesehen, in einen Kreis geordnet und verlaufen unter sich und mit der Oberfläche parallel. Das erste Grundgewebe teilen sie in Mark und Rinde, welche beide durch breite Streifen Grundgewebe, die Markverbindungen, in Verbindung stehen. Jeder Strang zeigt innen den Holz-, außen den Bastkörper, zwischen beiden liegt die Cambiumschicht.

Die Entwicklung geschieht nun zunächst derart, daß sich die bis jetzt nur in den Strängen liegenden Cambiumstreifen zu einem geschlossenen Ring vereinigen, indem zwischen je 2 Nachbarsträngen Teilungsgewebe (Zwischengewebe) sich einlagert, das sich von dem eigentlichen inneren Cambium des Stranges nicht wesentlich unterscheidet. Im Bastteil jedes Stranges liegen drei Gruppen von Bastfasern.

Der geschlossene Cambiumring wächst nur durch Bildung neuer Zellen; die auf seiner Innenseite liegenden Zellen werden zu Elementen des 2. Holzes, die auf der Außenseite liegenden zu Elementen des 2. Bastes; die mittlere Schicht des Cambiums bleibt immer teilungsfähig und liefert von neuem Material zu Holz (innen) und Bast (außen). In dieser Weise verdickt sich der Stengel während dieser ersten Wachstumsperiode beträchtlich und gewinnt an Festigkeit; auch die Rinde ist peripherisch gewachsen. Im Verdauungsgewebe finden sich quer zur Längenachse (also radial) gelagerte Elemente vor, welche die Markstrahlen bilden, die das 2. Gewebe gleichsam zerklüften und in auf dem Querschnitt keilförmige Bündel spalten. Bei dichten Hölzern erscheinen sie als spiegelnde Bänder und heißen daher auch Spiegel. Vorzugsweise wird der Holzkörper immer dicker. Die erste Rinde folgt zuweilen dem Wachstum desselben, ihn als Korkhülle umkleidend (z. B. bei der Rot- und Weißbuche, Birke, Korkeiche 2c.). Gewöhnlich aber entsteht aus derselben Borke, indem die Korkplättchen schuppenförmige Stücke ausschneiden, welche vertrocknen und, an der Oberfläche sich anhäufend, die Borkenschicht erzeugen (Eiche, Kiefer), sich auch wohl abschälen und periodisch abfallen (Platane). Durch die Borkenbildung wird also die erste Rindenschicht beseitigt, so daß nun der verdickte Stamm, wenn man vom Mark absieht, nur noch aus dem Cambium hervorgegangene 2. Gewebsmassen enthält.

In jeder folgenden Wachstumsperiode wiederholt sich nun diese Neubildung von Holz- und Rindenschichten aus dem Cambium. Bei den ununterbrochen wachsenden, tropischen Holzpflanzen läßt sich der jährliche Holzzuwachs des mehrjährigen Holzkörpers auf dem Querschnitt gewöhnlich nicht unterscheiden, die Holzmasse erscheint gleichartig. In Klimaten, in denen das Wachstum jedoch alljährlich durch einen kalten oder nassen Winter unterbrochen wird (wie bei uns), läßt sich der jährliche Holzzuwachs scharf unterscheiden durch deutlich abgegrenzte, konzentrische, hellere (innere) und dunklere (äußere) Schichten, Jahresringe genannt. Ihre Abgrenzung wird bewirkt, indem das jedesmal im Frühlinge erzeugte Holz lockerer ist als das im Herbst entstandene (Herbstholz); jeder Jahresring zeigt innen das lockere, außen das dichtere Holz, die nach und nach in einander übergehen. Das dichte Herbstholz sticht scharf ab gegen das folgende Frühlingsholz. Fig. 34. Bei den Nadelhölzern haben die Zellen des Frühjahrsholzes einen größeren radialen Durchmesser und sind dünnwandiger als diejenigen des Herbstholzes, was auf einen mit der

Fig. 34.



Querschnitt des Fichtenholzes an der Grenze zweier Jahresringe. (250fach vergr.)
f lockeres Frühjahrsholz (größere Zellen), h dichteres Herbstholz, w Grenze zwischen dem Herbst- und dem folgenden Frühjahrsholz, zwischen h und w die platte Grenzzone, m Markstrahlen.

Jahreszeit wechselnden Druck, den die Rinde, namentlich die Borke, auf das Cambium und junge Holz ausübt, zurückzuführen ist. Viele Hölzer zeigen bei hinreichend dicken Stämmen innen das sogenannte Kernholz, aus den älteren, inneren Holzschichten bestehend, dunkel (braun, rot ꝛc.) gefärbt, fester und dichter, außen den Splint, eine helle, weiche, lockere Hülle, das Holz der letzten Jahre (Eiche, Kastanie, Pflaume ꝛc.).

Bei der Vermehrung der Pflanzen durch Stecklinge tritt eine Bewurzelung letzterer ein und sie werden nach und nach zu selbständigen Pflanzen. Bei krautartigen Gewächsen bildet sich zunächst über der Schnittfläche des Stecklings ein Korkgewebe, welches die Wunde schließt; bei holzigen entsteht daselbst, und zwar hauptsächlich aus dem Cambium, der eigentümlich wulstige, dünnwandige Kallus, welcher sich später entweder zu Kork oder in die Gewebesysteme umbildet. Oberhalb dieses Kallus entstehen die neuen Wurzeln.

Zusammensetzung und Lebensthätigkeit der Pflanzen.

(Pflanzen-Physiologie.)

A. Versuche und Beobachtungen.

1. Rohe, zerriebene Kartoffel mit Wasser ausgelaugt; Flüssigkeit setzt Stärke und darüber faserige Stoffe (Faserstoff) ab. 100 Teile Kartoffel enthalten 75 Teile feste Stoffe, darunter 20 Teile Stärke. Schnitt einer Kartoffel mit Jodtinktur (Stärke schmutzigblau gefärbt).

2. Weizenmehl (Hand voll) mit etwas kaltem Wasser vermischt, in einen groben Leinensack gebunden, den Sack in einem großen Gefäß mit Wasser mit den Händen geknetet. Das Mehl wird teigig, während das Wasser weiß wird. Dies wiederholt, der Teig wird immer klebriger, das Wasser bleibt schließlich farblos. Die klebrige Substanz heißt Kleber (im Handel als Maccaroni bekannt).

Das Waschwasser (von 2) setzt in Ruhe einen weißen Satz aus Stärkekörnchen ab (unter dem Mikroskop jedes aus konzentrischen Lagen).

Das klare Wasser über dem Bodensatz (von 3) abgegossen und gekocht: es wird trübe, als ob Eiweiß darinnen ist; beim ruhigen Stehen setzt sich eine weißliche, klumpenförmige Substanz ab, das ist Pflanzeneiweiß.

Das Weizenkorn enthält außerdem Faserstoff (Hülse), etwas Zucker und Fett. Das Stroh besteht fast ganz aus Faserstoff, enthält auch erdige Stoffe (Kiesel), wie man beim Verbrennen sehen kann.

3. Grüne Pflanzenteile mit Alkohol. Grüne Lösung von Blattgrün.

4. Ein Teil einer Pflanze, z. B. ein Stückchen Kartoffel (etwas Samen ꝛc.), werde im frischen Zustande fein zerschnitten, gewogen (etwa 5 g), bei 100 bis 110° getrocknet, bis kein Gewichtsverlust mehr erfolgt, dann wieder gewogen. Das letzte Gewicht oder Trockengewicht (t) wird vom ersten oder Lebendgewicht (l) abgezogen; die Differenz (l — t) giebt die Menge des vorhanden gewesenen Organisationswassers. Die Trockensubstanz (t) enthält die Menge der festen organischen und unorganischen

Bestandteile des Pflanzenteils. Dieselbe wird zerrieben und in einem Schälchen bei Luftzutritt so lange geglüht, bis kein Gewichtsverlust mehr erfolgt. Hierbei entweichen zunächst brenzliche Dämpfe und Gase, es entsteht dann eine kohlige Masse, bis auch diese allmählich verbrennt (zu Kohlensäure, Wasser, Ammoniak) und nur noch grauweiße oder weiße Asche zurückbleibt. Ihr Gewicht (a), von demjenigen der Trockensubstanz (t) subtrahiert, giebt (t — a) die Menge der verbrennlichen oder organischen Substanz. Der Versuch ergiebt also:

1. den Gehalt an Wasser (l — t)
2. „ „ „ organischer (verbrennlicher) Substanz (t — a)
3. „ „ „ unorganischer (unverbrennlicher) Substanz (Asche, mineralische Bestandteile) (a).

Durch eine weitergehende „chemische Analyse" lassen sich die unter 2 und 3 genannten Bestandteile genau bestimmen, so daß man ein vollständiges Bild über die Zusammensetzung des Pflanzenteiles nach den vorhandenen Stoffen und ihrem prozentischen Verhältnis bekommt. (Siehe Tabelle).

5. Etwas frische Bäckerhefe wird mit zuckriger Lösung vermischt an einen warmen Ort bei 20—30° C. gestellt. Die zuckrige Lösung (Pasteurs Lösung) besteht in 10,000 Tl. aus 20 Tl. phosphorsaurem Kali, 2 Tl. phosphorsaurem Kalk, 2 Tl. schwefelsaurer Magnesia, 100 Tl. weinsteinsaurem Ammonium, 1500 Tl. Zucker und 8376 Tl. Wasser.

Nach einiger Zeit trübt sich die Flüssigkeit und beginnt zu schäumen, wobei sich Gasbläschen entwickeln; die Hefenmasse nimmt sichtlich zu, die Lösung vergärt. Man füllt mit dieser gärenden Hefenmasse ein Probegläschen, schließt dieses mit einem durchbohrten Kork, steckt durch die Durchbohrung ein gebogenes Röhrchen und führt das freie Ende desselben in ein Gefäß mit Barytwasser. Die Gasbläschen treten in letzteres und erzeugen reichlich einen Niederschlag von kohlensaurem Baryt. Die gärende Flüssigkeit entwickelt also Kohlensäure.

Die Hefe enthält die organischen Stoffe des Proteïns, der Cellulose, Fettsubstanzen, Wasser, ebenso bestimmte Mengen mineralischer Substanzen. Die Nährflüssigkeit enthielt für sich keinen dieser Stoffe, sondern nur die Elemente für dieselben in Gestalt ganz anderer Verbindungen. Die Hefenzelle vervielfältigt sich dadurch, daß sie diese Elemente aufnimmt, neu zusammenfügt und so ihren eigenen komplizierten Körper aufbaut. Die lebende Hefenzelle vermag also aus sich heraus unorganische Stoffe in organische überzuführen — zu assimilieren.

6. Die nicht im Boden wurzelnden Wasserpflanzen (z. B. Tange, Wasserlinsen) nehmen die mineralische Nahrung allein aus dem umgebenden Wasser. Die chemische Analyse der Wasserlinse (Lemna trisulca) und des Sumpfwassers, in welchem sie wuchs, ergab nach Liebig:

Zusammensetzung einiger Pflanzenteile (im Mittel).

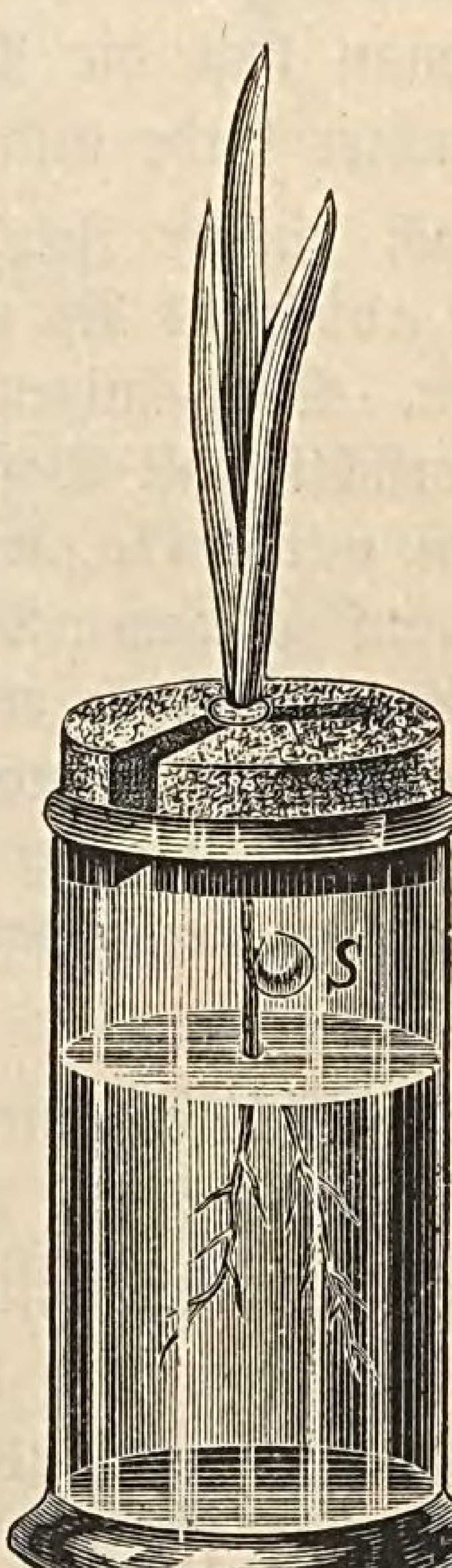
	Wasser	Trockensubstanz (org. und unorg.)	Einzelne Bestandteile der organischen Substanz				In 100 Teilen der Trockensubstanz sind enthalten:									
			Zellstoff (Cellulose)	Proteïnstoffe	Fettsubstanz	Stickstofffreie (Extraktiv-) Stoffe	Gesamt-Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Samen																
Gartenbohne	14,8	85,2	11,7	25,1	1,6	44,5	3,22	1,4	0,05	0,21	0,25	0,01	1,15	0,13	0,02	0,03
Erbse	13,2	86,8	6,4	22,4	3,0	52,6	2,73	1,14	0,02	0,13	0,21	0,01	1,0	0,10	0,02	0,04
Roggen	14,3	85,7	3,7	11,0	2,0	67,2	2,09	0,65	0,03	0,05	0,25	0,03	0,9	0,2	0,04	0,01
Wurzeln u. Knollen																
Kartoffel	75,0	25,0	1,1	2,0	0,3	20,7	3,77	2,27	0,1	0,09	0,17	0,04	0,65	0,24	0,08	0,12
Zuckerrübe	81,5	18,5	1,3	1,0	0,1	15,3	3,86	2,12	0,38	0,20	0,29	0,03	0,42	0,14	0,07	0,20
Stroh																
Winterroggen	14,3	85,7	42,0	2,0	1,4	35,0	4,79	0,92	0,10	0,41	0,13	0,05	0,24	0,13	2,70	0,12
Grünfutter																
Klee (Rot-)	79,3	20,7	6,5	3,7	0,7	8,3	6,83	2,19	0,14	2,40	0,75	0,07	0,68	0,20	0,16	0,26
Blätter																
Roßkastanie (Frühjahr)	70,0	30,0	—	—	—	—	2,10	0,83	—	0,46	0,08	—	0,50	0,13	0,06	0,02
Fichtennadeln (Herbst)	55	45	—	—	—	—	5,82	0,10	0,01	0,8	0,10	0,2	0,25	0,11	4,11	0,02
Obst																
Apfel	83,0	17,0	2,9	0,39	—	13,3	1,44	0,51	0,37	0,06	0,12	0,02	0,12	0,08	0,06	—
Holz																
Buche (Stamm)	15,0	85,0	—	—	—	—	5,5	0,9	0,2	3,1	0,6	—	0,3	0,1	0,3	—

Asche der Wasserlinse:		Salzrückstand des Sumpfwassers:
100 Teile getrocknete Linsen geben 16,6 Teile Asche.		1 Liter enthält 0,415 g Salze.
In 100 Teilen Asche sind enthalten:		In 100 Teilen der Salze sind enthalten:
Kalk	16,82	35,0
Magnesia	5,08	12,26
Chlornatrium	5,89	10,10
Chlorkalium	1,45	—
Kali	13,16	3,97
Natron	—	0,47
Eisenoxyd	7,36	0,72
Phosphorsäure	8,73	2,62
Schwefelsäure	6,09	8,27
Kieselsäure	12,35	3,24

Es befinden sich also die Mineralsubstanzen des Wassers in sehr geändertem Verhältnisse in der Pflanze; sie nahm die Bestandteile in dem Verhältnisse aus dem Wasser auf, wie sie derselben zum Lebensprozeß bedurfte.

7. Einige Samen vom Mais (oder auch Bohnen, Buchweizen, Kürbiskörner) werden in feuchte Baumwolle oder Sägespäne bei Zimmertemperatur eingelegt. Sie beginnen nach einiger Zeit zu keimen und erzeugen Wurzeln. Sind letztere etwa 3—5 cm lang, so werden mehrere junge Pflänzchen zu „Kulturversuchen“ in künstlichen Nährstofflösungen benutzt. Eine solche Nährstofflösung erhält man z. B., indem man in 1 Liter destilliertem Wasser auflöst: 1,0 g salpetersaures Kali, 0,5 g Chlornatrium, 1,0 g schwefelsauren Kalk, 0,5 g schwefelsaure Magnesia, 1,0 g phosphorsauren Kalk und ein paar Tropfen Eisenvitriol. Auch Brunnenwasser, welches die genannten Stoffe enthält, gestattet die „Kulturen“ bis zu gewissem Grade.

Fig. 35.



Kulturversuch einer Samenpflanze (S Samen).

Man hängt nun die Maispflänzchen in ein Glas und gießt soviel destilliertes Wasser hinein, daß nur die Wurzeln untergetaucht sind, Same und Stengel dagegen über der Wasserfläche stehen. Fig. 35. Die Pflänzchen entwickeln sich und erzeugen bald das erste grüne Blatt. Sie werden nun (die Wurzeln etwas vor Licht geschützt) in gleicher Weise in die Nährlösung gebracht, welche man von Zeit zu Zeit erneuert.

Nährlösung 1 enthält alle genannten Stoffe, die Pflanze steht im Licht: sie entwickelt sich grün und kräftig, gerade so, als stände sie im Boden, ja sie läßt sich zur Fruchtreife ziehen.

Nährlösung 2 enthält alle genannten Stoffe, die Pflanze steht im dunkeln Raume: sie grünt nicht weiter, kränkelt und stirbt schließlich.

Nährlösung 3 enthält die genannten Stoffe, Eisen ausgenommen, die Pflanze steht im Licht: die ersten 3—4 Blättchen werden noch grün, die folgenden nur noch am Grunde, an der Spitze sind sie weiß; die späteren sind ganz weiß. Giebt man nun einige Tropfen Eisenvitriol zur Lösung, so sind die Blätter schon in 24 Stunden verändert und in 3—4 Tagen wieder lebhaft grün.

Vergleicht man die Resultate derartiger Versuche, so findet man:

1. welche mineralische Stoffe die Pflanze unbedingt zur Nahrung braucht;
2. in welcher Weise sie auf die Entwicklung einwirken. Besonders wichtig ist die beobachtete Thatsache, daß das Chlorophyll nur bei Gegenwart des Eisens und durch Einwirkung des Lichtes gebildet wird. Vergleiche auch die Entwicklung von Kartoffelknollen, Tulpenzwiebeln ꝛc. im dunkeln Raume.

8. Von einer frischen, eben aus der Erde genommenen Wurzel schneide man schmale Scheibchen und lege sie auf Lackmuspapier. Nach kurzer Zeit wird das Papier rot gefärbt, woraus zu schließen, daß saure Pflanzensäfte vorhanden sind, welche chemisch auf gewisse Substanzen einwirken.

9. Auf eine glatt polierte Marmorplatte (kohlensauren Kalk) bringt man handhoch feuchten Sand und läßt darin Samen (z. B. Bohnen) keimen. Oder man legt die Platte auf den Boden eines Blumentopfes, bedeckt sie mit feuchter Erde und steckt in diese die Samen.

Nach einiger Zeit entwickeln sich die Keime, die Wurzeln der Pflänzchen wachsen abwärts bis zur Marmorplatte und verbreiten sich, dichtanliegend, auf derselben. Nach einigen Wochen wird die Marmorplatte herausgenommen und die Erde vorsichtig mit Wasser abgespült. Die polierte Fläche ist rauh geworden, wir bemerken vertiefte, wie eingeätzte Linien auf derselben, die in ihrem Verlaufe den darauf gelegenen Wurzeln entsprechen. Diese Linien werden noch deutlicher, wenn man die Platte mit etwas Ruß einreibt, der sie schwarz färbt. Die Linien sind von den Wurzeln eingeätzt, der kohlensaure Kalk ist durch die sauren Säfte derselben gelöst und der Kalk in Lösung aufgenommen worden. Vergleiche in Gebirgsgegenden die Felsoberflächen, auf denen Pflanzenwurzeln dicht angedrückt liegen und wachsen.

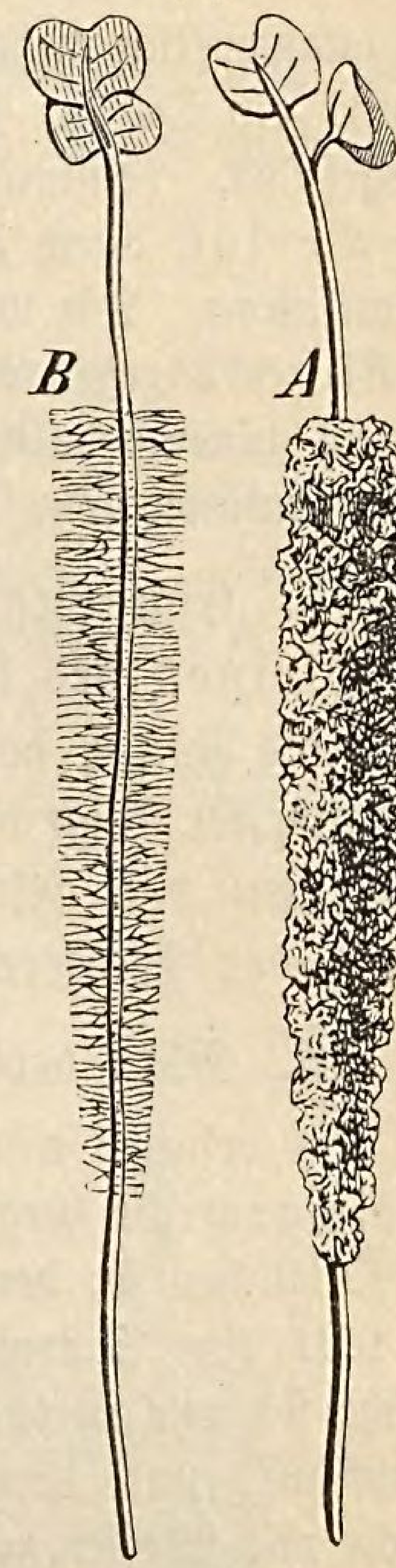
10. Pflanzensamen (z. B. Getreidekörner, Senfsamen, Bucheckern ꝛc.) säe man in feuchte Erde, die sich in Glastöpfen befindet. Sie keimen, die jungen Pflänzchen senden bald Wurzeln nach abwärts, welche wachsen und sich immer weiter verzweigen, so daß Haupt- und Nebenwurzeln schließlich jede Ritze und Pore des Bodens ausfüllen. Messungen und Berechnungen ergaben die gesamte Wurzellänge einer kräftigen Gerstenpflanze auf über 40 m, einer Haferpflanze auf über 50 m.

Die Wurzel der Keimpflanze des Senfs, der Gerste ꝛc. zeigt eine sehr große Zahl Wurzelhaare, die gleich dünnen Röhren von den äußeren Wurzelzellen ausgehen; statt ihrer treten auch feine Fasern auf. Haare und Fasern kommen in

innigste Berührung mit den Bodenteilchen, verwachsen gleichsam mit ihnen und entziehen ihnen die Nahrungsstoffe. Fig. 36.

11. Ein Büschel grüner Zweige und Blätter (sehr geeignet sind Brunnenkresse, Wasserpest, Tausendblatt, deren Stengel man mit leichten Einschnitten versehen hat) bringt man in eine große Flasche, füllt dieselbe mit gewöhnlichem (kohlensäurehaltigem) Brunnenwasser ganz voll, so daß keine Luft zurückbleibt, verkorkt sie, stürzt sie in ein Gefäß mit Wasser und entfernt den Kork. Die Flasche bleibt mit Wasser gefüllt. Diese Vorrichtung wird 1—2 Stunden dem Sonnenlicht ausgesetzt.

Fig. 36.



Keimpflanze des Senfs, A vorsichtig ausgehobene Pflanze, B mit Wasser von anhängender Erde befreit.

Die grünen Pflanzenteile bedecken sich mit Gasblasen, die dann nach oben entweichen und sich ansammeln. Das Gas ist Sauerstoff (ein glimmender Holzspan entzündet sich darin und verbrennt lebhaft). Man bringt später und nach Entfernung des Gases dieselbe Vorrichtung in einen dunkeln Raum: die Sauerstoffabscheidung hört völlig auf. Sie beginnt aber sogleich wieder bei Belichtung. Die mit Chlorophyll versehene Pflanze zerlegt also im Licht die Kohlensäure der Luft (und die im Wasser), reduciert sie, behält den Kohlenstoff zurück und verwendet ihn zum Aufbau ihres Körpers und scheidet Sauerstoff aus: sie assimiliert. Da die organische Substanz der Pflanze bei unvollkommener Verbrennung kohligen Rückstand, bei vollkommener Kohlensäure liefert (1), da die Nährstofflösung keinen Kohlenstoff enthielt (3), so kann die Pflanze ihn nur aus der Kohlensäure der Luft durch die vorgenannte Assimilation erhalten (Vergl. 2).

12. Schnitt aus einer im Dunkeln gekeimten Kartoffelknolle unter dem Mikroskop unter Benetzung mit Jodlösung. Es tritt nur teilweise Blaufärbung ein, die Menge der Stärke ist im Abnehmen begriffen.

Ein 2. Schnitt wird einige Minuten in eine Lösung von Kupfervitriol gelegt, dann abgespült und mit etwas Kalilauge erwärmt.

Es zeigt sich an verschiedenen Partien ein roter, körniger Niederschlag von Kupferoxydul, Beweis, daß Trauben- oder Fruchtzucker vorhanden ist, ein in Wasser lösliches, zur Ernährung des Keimes brauchbares Umwandlungsprodukt der Stärke. (Dasselbe ist an andern keimenden Samen: Getreide, Bohnen Erbsen 2c. wahrzunehmen.) Mit der Entwicklung des Keimes nimmt die Menge der Stärke ab (Stoffwechsel, Stoffwanderung).

13. Keimpflanzen werden dem Licht ausgesetzt. Es entsteht Chlorophyll, und das Mikroskop läßt als erstes Produkt der Assimilation sich mehr und mehr vergrößernde Stärkekörner innerhalb der Chlorophyllkörner erkennen.

Bei der Wasserpest läßt sich die Stärke bereits nach $1\frac{1}{2}$—2stündiger Besonnung, bei der Spiralalge (Spirogyra) sogar nach 5—10 Minuten nachweisen.

14. Das untere Drittel eines Glascylinders von etwa 2 Liter Inhalt werde mit eingequellten Erbsen oder andern Samen oder mit in der Entfaltung begriffenen Blütenköpfen von Kompositen (wie Matricaria) gefüllt und derselbe mit gutschließendem Glasstopfen versehen.

Nach einigen Stunden öffnet man und hält ein brennendes Licht in den Hohlraum des Cylinders. Dasselbe erlischt; der Raum ist mit Kohlensäure gefüllt. Die (namentlich nichtgrünen) Pflanzenteile atmen, sie nehmen Sauerstoff auf, und es wird ein Teil der assimilierten Substanz verbrannt (oxydiert) und in Kohlensäure übergeführt. (Assimilation ist also Reduktion, Atmung dagegen Oxydation.) Der Verlust durch die Atmung ist aber gering, verglichen mit der Zufuhr durch Assimilation. Die wachsende Pflanze atmet nur im Dunkeln (also des Nachts), im Lichte dagegen assimiliert und atmet sie zugleich. Ein in den keimenden Samen hineingehaltenes Thermometer läßt eine Erhöhung der Temperatur (1,5°) wahrnehmen.

15. Eine enge Glasröhre wird in gefärbtes Wasser getaucht. Sie zeigt ein Steigen des letzteren in der Röhre über das äußere Niveau. Je enger die Röhre, desto höher steigt das Wasser. In einer Röhre von $^1/_{10}$ mm Durchmesser steigt das Wasser auf 30 cm. (Capillarröhren, Capillariät: Aufsteigen von Flüssigkeiten in festen, porösen Körpern, z. B. des Öles im Docht, des Wassers im Zucker, der Feuchtigkeit in Mauern 2c.)

16. Man beobachte das Aufsteigen des Öles in einem Docht.

Es erfolgt so lange, bis die Poren (Capillarräume) angefüllt sind, dann ist Gleichgewicht hergestellt. Zündet man den Docht an der Spitze an, so verbrennen die Ölteilchen an der Basis der Flamme, neue kommen an ihre Stelle in die Poren, es tritt eine Störung des Gleichgewichtes, eine Bewegung durch Saugung ein, welche sich rückwärts bis an das entgegengesetzte Ende des Dochtes in die Flüssigkeit fortpflanzt und deren Emporsteigen bis zur Spitze veranlaßt. Wäre der Docht mit Wasser gefüllt, so würde die Verdunstung des letzteren an der Oberfläche die entfernte Ursache eines fortwährenden Wasserstromes von unten nach oben (der Schwere entgegen) (Saugung), also einer fortdauernden Bewegung sein.

17. Ein kleines Fläschchen werde mit durch Kirsch- oder Himbeersaft gefärbtes Wasser gefüllt, dann in eine größere Flasche, die mit Alkohol gefüllt ist, hinabgelassen.

Trotzdem das Wasser spezifisch schwerer als Alkohol ist, sieht man es emporsteigen und sich mit ihm mischen; schließlich wird die Mischung beider ganz gleichartig. (Diffusion.)

18. Man nimmt eine enge Glasröhre, steckt diese durch den gutschließenden Kork eines unten trichterartig sich erweiternden Glasgefäßes, dessen untere Öffnung durch eine darübergebundene Tierblase geschlossen ist. In diese Vorrichtung gießt man Kupfervitriol, so daß der weitere Teil bis über das untere Röhrenende angefüllt ist. Dieselbe wird nun in ein zweites Gefäß, das mit Wasser gefüllt ist, eingesetzt, indem man die Röhre in dem Pfropfen des Deckels dieses Gefäßes befestigt.

Nach einiger Zeit dringt das spezifisch leichtere Wasser durch die Blase in das innere Gefäß, und die Flüssigkeit steigt in der Röhre etwas (Einwärtsbewegung, Endosmose); gleichzeitig aber dringt auch etwas Kupfervitriol nach außen in das Wasser und färbt dieses bläulich. (Auswärtsbewegung, Exosmose.) (Diosmose oder Diffusion durch Membranen.)

19. Eine Mohrrübe werde ausgehöhlt, so daß die Wand etwa 1 cm dick bleibt; in die Höhlung giebt man etwas gestoßenen Zucker.

Nach einiger Zeit ist der trockene Zucker in Syrup verwandelt; von dem Fleisch der Rübe hat er das Wasser empfangen, auch dringt Zucker in das Zellgewebe der Rübe ein.

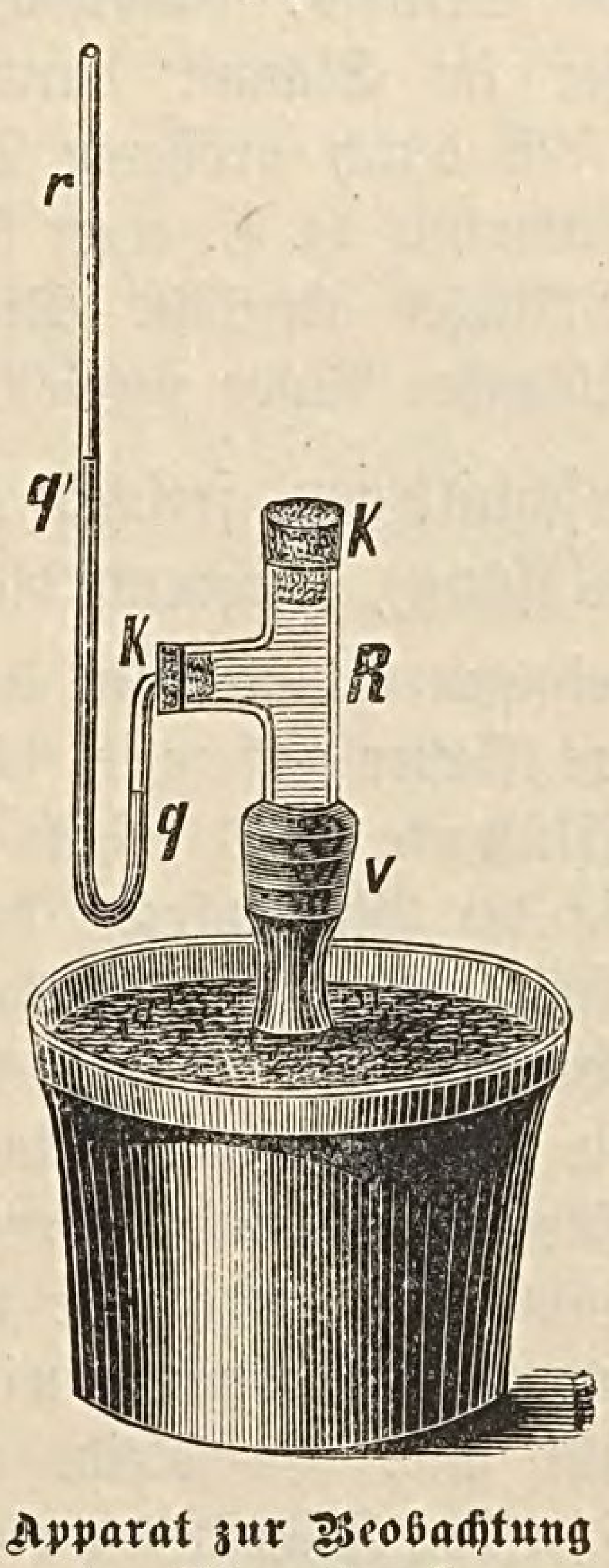
20. Leinenfaser werde in Wasser getaucht.

Sie schwillt an, wird durchsichtiger und vermehrt ihr Gewicht. Durch Farbstofflösung (Anilin 2c.) färbt sie sich. Sie hat nicht nur die innere (Zellen-) Höhlung, sondern auch die Wände sind porös. Samen, Holz, (überhaupt Pflanzenteile) quellen im Wasser auf, indem sie dasselbe in ihre Poren aufnehmen. Lufttrockner Samen kann dieserweise 50 und mehr Prozente Wasser absorbieren (z. B. Roggen 57,7 %, Bohnen 96,1 %, Erbsen 106,8 %, Zuckerrüben 120,5 % 2c.).

21. Der holzige Stamm einer wachsenden Landpflanze (z. B. einer Weinrebe, des Mais) wird über der Wurzel durchschnitten.

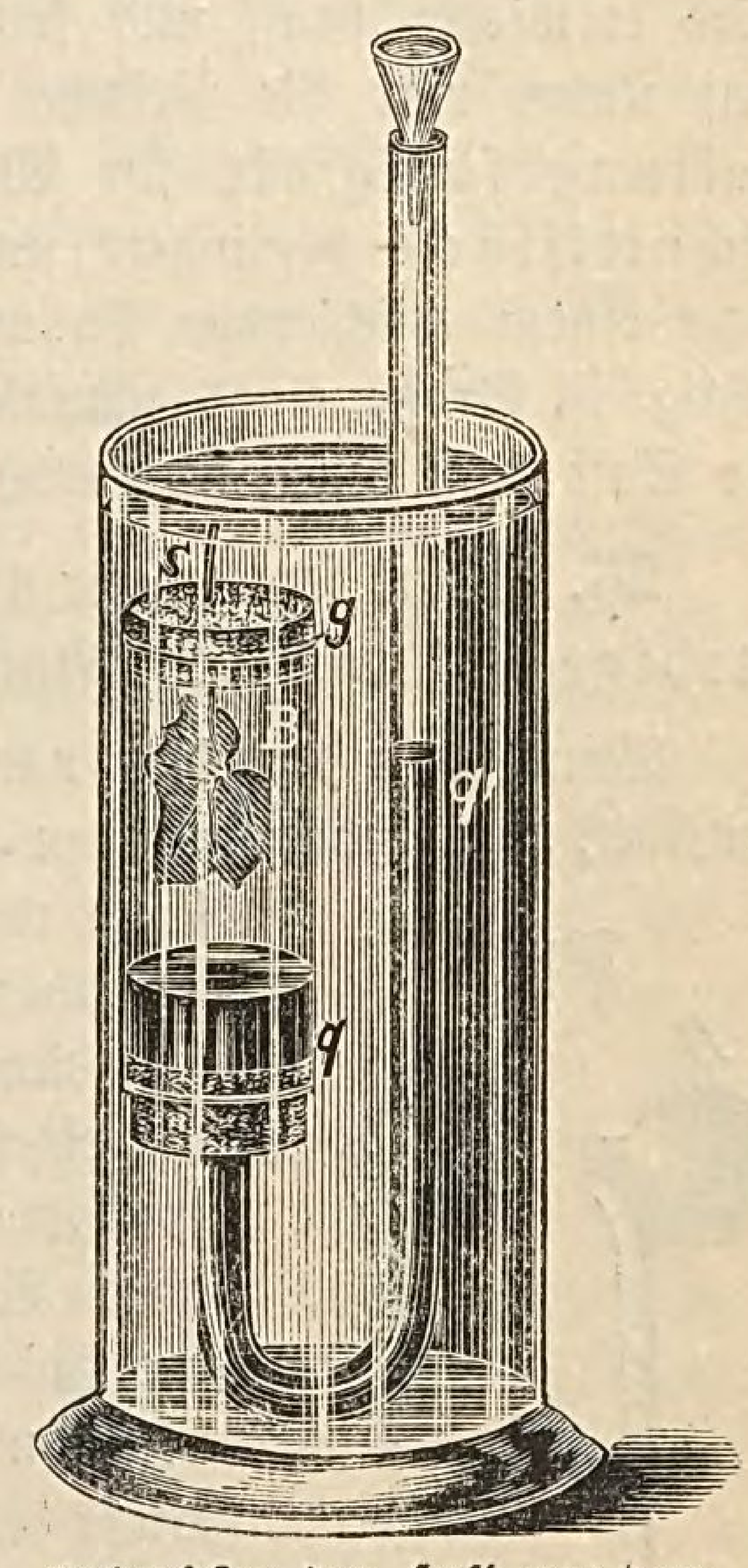
Es tritt aus dem Querschnitt nach einiger Zeit Wasser hervor. Auf das Stammende v wird ein Glasrohr (Fig. 37) R geschoben, mit jenem fest verbunden, mit Wasser gefüllt, durch einen Kork K verschlossen und in einen seitlichen Tubus luftdicht ein enges (Manometer-) Rohr q r geschoben, in das man Quecksilber füllt. Nach einiger Zeit steigt das Quecksilber im Manometerrohre q'. Der von der Wurzel ausgehende Druck (Wurzeldruck) erreicht bei einer Weinrebe die Größe bis 76 cm (1 Atmosphäre).

Fig. 37.



Apparat zur Beobachtung des Wurzeldruckes.

Fig. 38.



Entweichen der Luft aus dem Blattstiel.

22. Man bringt unter eine Glasglocke einen beblätterten Stengel. Sie beschlägt nach einiger Zeit mit Wassertropfen.

Sie rühren von der Pflanze her, deren Teile das Wasser verdunsteten (transpirierten); der Wasserdunst kondensierte sich an der Glocke. Man gießt eine U-förmige Röhre, deren einer Schenkel kürzer und etwas weiter ist, voll Wasser, setzt einen

festschließenden, durchbohrten Kork auf die Erweiterung und steckt durch die Öffnung den Stiel eines großen Blattes. Nach kurzer Zeit beginnt das Wasser im engen Schenkel zu fallen, da durch die Poren des Blattes Wasser verdunstet (transpiriert) und von unten her durch den eintauchenden Stengel ersetzt wird.

23. Eine kurze, weite Glasröhre B (Fig. 38) werde unten mit dichtschließendem, durchbohrtem Kork versehen; in die Durchbohrung wird eine U-förmig gebogene, ungleichschenklige Glasröhre q' mit ihrem kurzen Schenkel eingesetzt. Dann wird die weite Röhre mit Wasser gefüllt und oben durch einen durchbohrten Kork g verschlossen, durch den der Stiel s eines nach unten (in die Röhre) hängenden, grünen Blattes geht. Das Ganze wird luftdicht verschmiert, in ein großes Gefäß mit Wasser gebracht, nun in den längeren, herausragenden Schenkel q' Quecksilber gegossen.

Man bemerkt, wie aus dem Blattstiele Luft entweicht, welche durch den Druck des Wassers in die Spaltöffnungen der Blätter und weiter in die Intercellularräume und die Gefäße gepreßt wurde, um endlich die Gefäße des Stengels zu erreichen und hier zu entweichen.

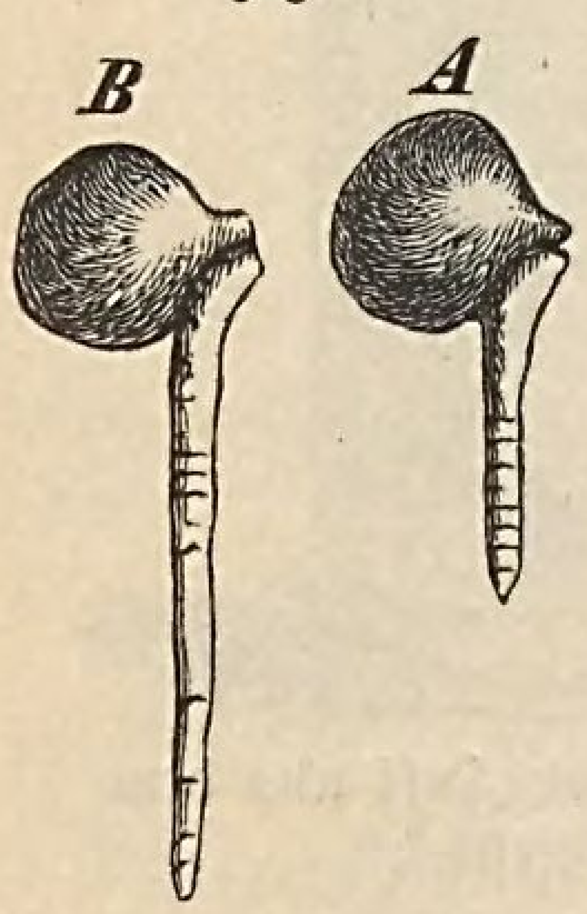
24. In ein U-förmiges Glasrohr bringt man Wasser, verstopft das eine Ende luftdicht und führt einen frischen Stengel mit Blättern aufrecht und luftdicht durch dasselbe bis in das Wasser.

Derselbe welkt; wird jedoch in den andern Schenkel Quecksilber gegossen, so wird er wieder straff und frisch (turgescent). Die Unterbrechung der Wasserzufuhr von unten war die Ursache des Welkens, hauptsächlich auch deshalb, weil die Leitungsfähigkeit für Wasser im Stamm durch den Wasserverlust an der Schnittfläche verringert und erst durch größeren Druck wieder hergestellt wird. Von einem wachsenden Baumstämmchen (z. B. einer Rebe) werde die Rinde vorsichtig in Größe eines schmalen Ringes abgelöst. Die Blätter werden nicht welk, der Saft muß ihnen also trotz fehlender Rinde zugeleitet werden.

25. Man setzt einen abgeschnittenen, frischen Zweig oder Stamm in eine farbige Lösung (z. B. Anilinlösung), während die Blätter transpirieren.

Wenn man denselben nach einigen Stunden in den verschiedenen Höhen durchschneidet, findet man nur den Holzkörper gefärbt, nicht die Rinde und das Mark. Eine weißblühende Iris erhält in dieser Weise in 10—15 Stunden in der Blumenkrone dunkelblaue Adern, welche den Holzbündeln der Nerven entsprechen. Die durch Transpiration herbeigeführte Wasserströmung in Wurzeln, Stamm und Zweigen erfolgt also nur im Holz. Diosmose kann nicht die Ursache dieser Wasserströmung sein, ebensowenig der Wurzeldruck, da die Hohlräume im Holz gerade zur Zeit der stärksten Transpiration und Wasserströmung nicht mit Säften, sondern mit Luft erfüllt sind. Es bleibt also nur die Annahme, das Wasser sei in den Zellwänden oder in dünner Schicht an der Innenfläche der Zellwand in Bewegung.

Fig. 39.



Wachsende Keimwurzel der Erbse.
2 Stadien A B. Die Striche deuten die Streckung beim Wachstum an.

26. An der Keimwurzel einer keimenden Erbse mache man in gleicher Entfernung Striche. Fig. 39 A.

Nach gewisser Zeit bemerkt man, daß dieselben ver-

schieden aus einander gerückt sind. Am Ende der Wurzel (Vegetationspunkt) liegen sie nahe, ebenso am obersten Teile, wo sie schon ausgewachsen ist; in der Mitte dagegen sind sie weit aus einander gerückt; sie ist sehr in die Länge gestreckt. Fig. 39 B.

27. Ein ausgewachsener Zweig werde nach der Seite gebogen.

Er kehrt nach Aufhören der Kraft wieder in seine Lage zurück, ist also sehr elastisch. Der wachsende Teil ist zwar auch biegsam, aber nicht elastisch, er bleibt etwas gebogen nach Aufhören der Kraft.

B. Haupt-Resultate der Beobachtungen über die Zusammensetzung und Lebensthätigkeit der Pflanzen.

I. Zusammensetzung und Ernährung der Pflanze. Nährstoffe.

Die organisierten Stoffe einer Pflanze sind: Faserstoff, Kleber, Stärke, Pflanzeneiweiß (Zucker, Fett), Blattgrün.

Stärke und Pflanzeneiweiß gehören zu den wichtigsten Stoffen der Pflanze, da sie in gewissen Organen (Samen, Wurzeln, Knollen) erzeugt und abgelagert werden, um später beim Keimen und Wachsen als Nahrung für den Keimling gebraucht zu werden, bis dieser die Wurzel gebildet hat und aus dem Boden sich ernährt. (Siehe Keimung der Bohne, Erbse, Kartoffel.)

Das Blattgrün bringt die grüne Färbung der meisten Pflanzenteile hervor. Zu seiner Entstehung, also zum Ergrünen der meisten Pflanzen, ist die Einwirkung des Lichtes erforderlich. Seine Bedeutung ist für das Pflanzenleben sehr groß, denn das Blattgrün allein ist im stande, die Kohlensäure der Luft in die Grundstoffe Kohlenstoff und Sauerstoff zu zerlegen und jenen der Pflanze zur Ernährung zu bieten. Blattgrünfreie Pflanzen (z. B. Pilze) vermögen nicht zu assimilieren, sondern bedürfen fertiger organischer Nahrung.

Alle organisierten Gebilde des Pflanzenkörpers bestehen in ihrem natürlichen Zustande aus einem Gemenge von fester Substanz und Wasser. Die feste organische Substanz denkt man sich zusammengesetzt aus kleinsten, festen, unveränderlichen und isolierten Teilchen oder Molekülen, welche selbst für Wasser undurchdringlich sind. Zwischen diesen Molekülen ist das Wasser eingelagert, es umgiebt dieselben und trennt sie von einander. Das Wasser macht einen Hauptbestandteil des Zellsaftes aus, es durchtränkt alle festen Teile, die Zellhäute, Stärkekörner, das Protoplasma u. s. w. Seine Menge wechselt nach Art, Teil und Alter der Pflanze, nicht minder auch nach ihrer Umgebung, da die letztere ebenso eine reichere Aufnahme, wie einen größeren Verlust an Wasser im Gefolge haben kann. Mit dem Wassergehalt ändert sich das Volumen: Wasserverlust bewirkt Verkleinerung (Zusammenziehung, Trocknung), Wasseraufnahme Vergrößerung (Quellung) der organischen Substanz. Sinkt der Wassergehalt unter, oder steigt er über eine bestimmte Größe, so ändert sich die innere Struktur der Pflanze, ihre Organe werden schließlich zerstört.

Wie die Moleküle der Organe selbst durch anziehende Kräfte (Kohäsion) zusammengehalten werden, so sind diese Kräfte auch die nächste Ursache der Durchtränkung (Imbibition) derselben mit Wasser. Das Wasser wiederum führt die Nahrungsstoffe in Lösung mit sich, bietet dieselben dem Protoplasma dar und vermittelt unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft das Wachstum der Organe. Ernährung und Wachstum der Pflanze erfolgen also durch Aufsaugung und Zwischen=

lagerung (Intussusception) neuer Stoffe. Dieselben lagern sich an den Molekülen an, auch erzeugen sie mit Hilfe der bereits vorhandenen neue Moleküle und bewirken Vergrößerung. Chemische und physikalische Prozesse bewirken eine dauernde Störung des Gleichgewichtes zwischen dem Innern der Moleküle und deren Umgebung, mithin eine Bewegung und Zufuhr immer neuer Nährstoffe.

Die Moleküle der Stärkekörner, der Zellhaut, des Protoplasmas ꝛc. wachsen zwar durch die Nährstoffe, aber sie selbst sind etwas ganz Anderes als letztere; **sie sind durch das Protoplasma erzeugt, lebendig, organisiert.** Das lebende Protoplasma befähigt die organischen Gebilde zu fortwährender Veränderung, so lange sie mit Wasser und mit Luft in Berührung sind.

Das Wasser läßt sich durch Erhitzen auf 100—110° aus den Pflanzenteilen entfernen; sie verlieren hierdurch an Gewicht, die zurückbleibende Masse ist Trockensubstanz.

Die Wassermenge beträgt bei lufttrocknen, reifen Samen etwa 10—15%, bei krautartigen Pflanzen 60—80%, bei Wasserpflanzen sogar bis 95% ihres Lebendgewichtes.

Die Trockensubstanz enthält alle organischen und unorganischen Stoffe.

Bei ihrer vollkommenen Verbrennung giebt sie:

1. Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, welche gasförmig entweichen;
2. Asche, welche als feste, grauweiße oder weiße Masse zurückbleibt.

Kohlensäure, Wasser, Ammoniak sind aus dem organischen Teil, also durch Verbrennung von Zellstoff, Eiweißstoffen, Stärke ꝛc. entstanden, welche die Hauptmasse des Pflanzenkörpers ausmachen. Ohne die darin enthaltenen Stoffe ist derselbe überhaupt nicht möglich.

Die Asche enthält alle unverbrennlichen Substanzen, also den unorganischen oder mineralischen Teil des Pflanzenkörpers. Obwohl ihre Menge gering ist, so sind ihre Bestandteile doch für das Leben der Pflanze unentbehrlich. Durch chemische Analyse hat man gefunden, daß die genannten Stoffe: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Asche, somit auch der Pflanzenkörper, sich zur Hauptsache aus wenigen Elementen zusammensetzt, und zwar:

1. die organischen Verbindungen	2. die unorganischen Verbindungen
aus den Elementen:	
Kohlenstoff	Phosphor (Chlor, Kiesel)
Wasserstoff	Kalium (Natrium)
Sauerstoff	Calcium
Stickstoff	Magnesium
Schwefel	Eisen.

Die chemische Analyse sagt uns zwar, welche Stoffe den Pflanzenkörper bilden und in welchem Verhältnis, nicht aber, welche von diesen Stoffen unbedingt notwendig sind, und in welcher Form sie zur Nahrung dargeboten werden müssen. Aufschluß hierüber läßt sich nur durch Kulturversuche in Nährlösungen erhalten.

Die obengenannten Elemente finden sich in jeder Pflanze vor. In einer Nährlösung, welche die Aschenbestandteile einer Pflanze in zur Aufnahme geeigneter Form enthält, gelingt es, in Luft (Licht und gewisser Wärme) diese Pflanze vollkommen groß zu ziehen. Wird der eine oder andere Stoff weggelassen, so verkümmert sie; läßt man z. B. das Eisen weg, so verliert sie ihre grüne Farbe 2c. Hieraus geht hervor:

1. Die genannten Elemente sind für die Pflanze unentbehrlich.
2. Die Aschenbestandteile und das Wasser werden aus dem Boden, auf welchem die Pflanze wächst, aufgenommen.
3. Die Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff bezieht die Pflanze aus der Atmosphäre.

1. Aufnahme der Nährstoffe aus dem Boden.

Die Landpflanzen beziehen ihre mineralischen Nährstoffe durch die Wurzel aus dem Boden, auf welchem sie wachsen.

Die Wurzel verzweigt sich in zahlreichen kleinen Fasern und Haaren im Erdreich und verwächst mit den Erdteilchen so innig, daß sie von ihnen ohne schwere Beschädigung kaum zu trennen ist. Dieserweise sind also die äußersten Wurzelzellen in der denkbar innigsten Berührung mit den mineralischen Nährstoffen. Der Boden enthält die bereits genannten Salze, außer ihnen Wasser und Luft, sowie in Zersetzung begriffene Pflanzenreste. Die Wasserteilchen hängen an den Erdteilchen und enthalten, unterstützt von der Kohlensäure der Luft, einen Teil derselben gelöst.

Diese Salzlösung bietet sich den Wurzelzellen zuerst zur Aufnahme dar. Erfolgt sie, so tritt hierdurch eine Störung des Gleichgewichts ein, und neue Wasserteilchen fließen, mit Salzen beladen, in den Capillarröhren des Bodens herzu. Manche der Nahrungsstoffe (z. B. phosphorsaure und kohlensaure Salze) sind aber in Wasser unlöslich, andere (z. B. Kali- und Ammoniakverbindungen) in Gestalt dünner Überzüge im Boden absorbiert. Dieselben werden durch die Thätigkeit der mit den Bodenteilchen verwachsenen Wurzelhaare (von welchen nur die Wurzelspitze und die älteren Teile frei sind) erst in den löslichen Zustand übergeführt, indem sie durch ihre Zellwände saure Säfte (auch Kohlensäure) absondern und dieserweise lösliche Salze der organischen Säuren bilden, die zur Aufnahme tauglich sind.

Die Aufnahme der Nährstoffe durch die Wurzelzellen und ihre Bewegung werden erklärlich aus den Gesetzen der Diffusion, eines Vorganges, bei welchem verschiedenartige, neben einander gelagerte, flüssige oder aufgelöste feste und luftförmige Stoffe sich gegenseitig durchdringen und mit einander vermischen. Diese Durchdringung tritt auch, wenn schon langsamer, ein, wenn diese Stoffe durch tierische oder pflanzliche Häute von einander getrennt sind, und zwar tritt stets eine größere Menge der weniger dichten (konzentrierten) Flüssigkeit in die dichtere (konzentriertere) als umgekehrt. Man nennt diesen Vorgang auch Diosmose (Endosmose, Exosmose).

Die Zellen der Wurzelfasern und -haare sind von zarter Zellhaut umgeben, die, verglichen mit der Nährlösung des Bodens, einen dichteren (konzentrierteren) Inhalt in Gestalt des Protoplasmas einschließt. Die Nährlösung dringt daher durch die

Zellhaut in die Zellen ein und wird durch deren endosmotische Kraft in die andern Pflanzenteile weiter befördert.

Nehmen wir an, eine Landpflanze entwickele ihre Blüte und brauche in einem bestimmten Augenblick phosphorsauren Kalk zur Bildung einer neuen Blütenzelle.

Sobald die selbständige Entwicklung letzterer beginnt, zieht sie phosphorsauren Kalk aus den Nachbarzellen an sich; derselbe diffundiert durch die Zellwände, bewirkt eine Änderung in der Konzentration der Flüssigkeiten und hierdurch auch in den Nachbarzellen eine Gleichgewichtsstörung. Während also der Nährstoff, phosphorsaurer Kalk, aus der 1. Nachbarzelle in die neue Zelle wandert, erfolgt dasselbe aus der 2. Zelle zur 1., der 3. zur 2., der 4. zur 3. u. s. f. Die Bewegung greift rückwärts weiter von Zelle zu Zelle, aus der Blüte in den Blütenstiel, den Stengel und zuletzt in die Wurzel mit ihren Verzweigungen. Letztere ersetzt schließlich den phosphorsauren Kalk durch dessen Entnahme aus dem Nährboden.

Da nun die Bestandteile des phosphorsauren Kalkes durch chemische Prozesse fortwährend in organische Verbindungen übergeführt werden, so wird es verständlich, wie dieselben (z. B. die Phosphorsäure) sich allmählich in einzelnen Organen der Pflanzen in größerer Menge aufspeichern können, als sie vom Boden dargeboten werden.

Was vom phosphorsauren Kalk gesagt ist, gilt auch für die anderen Nährstoffe. Wird der eine oder andere (z. B. der schwefelsaure Kalk) von den Pflanzenzellen gebraucht, so beginnt seine Bewegung zur Verbrauchsstelle. Aber nur der verlangte Nährstoff tritt diese Wanderung an; wird phosphorsaurer Kalk an irgend einer Stelle verbraucht, so beginnt noch nicht die Bewegung des schwefelsauren Kalkes. Die „Nährstofflösung“ aus dem Boden hat also in den verschiedenen Entwickelungsstufen der Pflanzen (also zu verschiedenen Zeiten) eine sehr verschiedene Zusammensetzung und ebenso in ihrem Laufe eine sehr verschiedene Richtung.

Wie die Aschenanalysen zeigen, ist der Bedarf einer Pflanze an den einzelnen mineralischen Nährstoffen sehr ungleich, ebenso bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Hieraus geht hervor, daß einem Ackerboden durch eine Pflanze die einzelnen Nährstoffe auch in ungleicher Weise entzogen werden. Wird also auf einem Felde mehrere Jahre ein und dieselbe Pflanze angebaut, so werden von ihm durch die Ernte so viel bestimmte Mineralsalze weggeführt, daß es schließlich daran erschöpft wird. Die Folge davon ist, daß diese Pflanze auf ihm nicht mehr gedeiht, wenn die weggeführten Mineralsalze nicht etwa durch Düngung wieder ersetzt werden. Ebenso ergiebt sich hieraus, wie wichtig für die Landwirtschaft der Fruchtwechsel, d. h. der Anbau verschiedener Pflanzen, die verschiedene Bedürfnisse an Nährstoffen haben, nach einander auf ein und demselben Boden ist.

2. Aufnahme der Nährstoffe aus der Luft. Assimilation.

An der Bildung der Pflanzenzelle sind beteiligt die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff.

Den Sauerstoff nimmt sie aus dem Wasser und aus den Sauerstoffsalzen des Bodens auf, den Wasserstoff aus dem Wasser und

wahrscheinlich zum kleinen Teile aus den Ammoniakverbindungen, den Stickstoff aus den Ammoniak- und salpetersauren Salzen.

Der Kohlenstoff ist wohl der wichtigste Bestandteil, er macht ungefähr die Hälfte der Trockensubstanz der Pflanze aus; mit Wasserstoff und Sauerstoff bildet er die Pflanzenbaustoffe, die als Kohlehydrate in Gestalt von Cellulose, Stärke, Zucker bekannt sind.

Die Versuche zeigen, daß nur die chlorophyllhaltigen Zellen und auch diese nur unter dem Einflusse des Sonnenlichtes die Fähigkeit haben, die aufgenommene Kohlensäure zu zersetzen und unter Abscheidung des Sauerstoffes aus den Elementen der Kohlensäure und des Wassers organische Verbindungen zu erzeugen. Diesen Prozeß nennt man Assimilation. Sie erfolgt besonders durch die chlorophyllreichen Laubblätter der Pflanzen.

Die Kohlensäure der Luft diffundiert durch die Zellwände; ein Teil wird durch die Oberhautzellen aufgenommen, ein anderer geht unmittelbar durch die Spaltöffnungen in das Innere. Hier tritt sie mit dem chlorophyllhaltigen Protoplasma in Berührung, wird von demselben in die Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff (ebenso gleichzeitig Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff) zerlegt und giebt in den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff das Material zu neuen und zwar organischen Verbindungen (Kohlehydrate). In welcher Weise dies erfolgt, ist noch nicht erforscht; nur so viel weiß man, daß als erstes sichtbares und nachweisbares Assimilationsprodukt im Chlorophyll die Stärke gebildet wird, die in manchen Fällen auch durch Fetttröpfchen ersetzt wird.

Aus diesen Thatsachen folgt der wichtige Satz:

> **Aller Kohlenstoff,** welcher die außerordentlich große Menge der Pflanzensubstanz (und auch des tierischen Körpers) auf der Erde ausmacht, **stammt aus der in den Chlorophyllkörnern zersetzten Kohlensäure der Atmosphäre.**

Diejenigen Pflanzen, denen das Chlorophyll fehlt (die Schmarotzer und Fäulnisbewohner), können also nicht assimilieren, sie müssen die organischen Verbindungen bereits fertig von andern lebenden Pflanzen oder Resten von Organismen beziehen. Durch die Assimilation entstehen ferner noch Verbindungen, aus denen sich das Protoplasma organisiert. Dieselben enthalten außer Kohlenstoff, Wasserstoff auch noch Stickstoff und werden Eiweißkörper genannt. Ihre Entstehung ist bis jetzt völlig unbekannt.

Die Assimilationsprodukte sind also zweierlei Art:

1. Stickstofffreie oder Kohlehydrate (Cellulose, Stärke, Zucker).
2. Stickstoffhaltige oder Eiweißkörper (Pflanzeneiweiß, Proteïn).

Der Assimilationsprozeß schafft aus sauerstoffreichen Verbindungen (Kohlensäure, Wasser) sauerstoffarme, er ist also ein Desoxydationsprozeß.

3. Stoffwechsel und Stoffwanderung.

Die durch die Assimilation gebildeten Stoffe (Stärke 2c.) unterliegen während des Wachstums der Pflanze mannigfachen Umwandlungen, die man

als Stoffwechsel bezeichnet; auch werden sie vielfach nicht an ihrem Entstehungsorte unmittelbar verbraucht, sondern müssen eine Wanderung durch den Pflanzenkörper antreten, nachdem sie zuvor wanderungsfähig von Zelle zu Zelle, d. h. löslich geworden sind. Beides erfolgt unter Mitwirkung der aus dem Boden aufgenommenen Mineralsalze und der atmosphärischen Luft.

Diejenigen Stoffe, aus welchen beim Stoffwechsel die Substanz der Zelle entsteht, nennt man Baustoffe; als solche sind zu nennen: Stärke, Zucker, Fette, Inulin, Eiweißkörper und Asparagin. Dieselben liefern das Material zur Bildung der Cellulose (und zwar Stärke, Zucker, Inulin, Fette) und des Protoplasmas mit den Chlorophyllkörnern (und zwar Eiweiß oder Proteïnstoffe und Asparagin).

Diese Baustoffe werden entweder sofort nach ihrer Entstehung verbraucht, oder sie sammeln sich in bestimmten Organen zu einem Vorrat auf, um später verbraucht zu werden. Im letzten Falle bilden sie Reservestoffe; die Behälter, in welchen diese lagern, die Samen, Knollen, ausdauernde Teile mehrjähriger Pflanzen (Wurzeln, Rhizome, Stämme) sind Reservestoffbehälter. Dieserweise enthalten z. B. die Knollen der Kartoffel, die Samen der Getreidearten vorwiegend Stärke als Reservestoffe, welche den Keimpflänzchen die erste Nahrung darbietet. Keimt eine Kartoffel im Dunkeln, so findet Assimilation nicht statt, sämtliche neuen Zellen können also nur auf Kosten namentlich der Stärke entstehen; je weiter diese ausreicht, desto größer wird die Keimpflanze. Bei ihrem Verbrauch unterliegt sie (und ebenso die andern Reservestoffe) bis jetzt nicht bekannten chemischen Umwandlungen. Nur soviel ist nachzuweisen, daß mit der ersten Lebensregung der Knospe in deren Nähe die Umwandlung der Stärke in Zucker beginnt und daß dieselbe mit der Entwickelung der Keimpflanze fortschreitet. Der entstehende Zucker tritt sofort seine Wanderung in den Keim an, um als Material für die neuen Zellwände daselbst zu dienen. Hierdurch tritt eine Gleichgewichtsstörung (siehe oben) ein, die beginnende Bewegung setzt sich rückwärts durch die älteren Zellen fort, um in der Knolle zu endigen. Mit dem Verbrauch des letzten Stärkekornes der Kartoffel und dessen Umwandlung in Zucker und der Fortführung desselben ist die Keimpflanze soweit entwickelt, daß sie durch eigene Thätigkeit ihrer Wurzeln aus dem Boden, ihrer Blätter aus der Luft Baustoffe bilden kann.

Die Blätter der Kartoffelpflanze assimilieren nur und erzeugen ebenfalls zunächst Stärke; aus dieser entsteht Zucker, welcher in Blatt und Stengel wandert, neue Organe bildet, schließlich Blüten und Früchte erzeugt. Am unterirdischen Stengel bilden sich mittlerweile Ausläufer, an ihnen Knollen; da diese nicht assimilieren können, sind sie auf Ernährung durch die oberirdischen Teile angewiesen. Es nimmt also jetzt ein Teil der Nährstoffe seinen Weg nach abwärts. Haben alle Teile der Pflanze ihre volle Größe erreicht — die Stengel, die Blätter, die Blüten, — so wird nun den Früchten und den Knollen (überhaupt den zur Vermehrung und Überwinterung dienenden Organen) Zucker zugeführt, welcher sich nun rückwärts wieder in Stärke umwandelt und, als solche sich darin ablagernd, Reservestoffe bildet zur Anlage und Ausbildung der künftigen Knospe.

In dem Maße, wie diese Wanderung und Ansammlung erfolgt, gehen Blätter und Stengel zurück, verarmen an Stärke, an Chlorophyll u. s. w., um schließlich abzusterben.

Die Überreste der Pflanze verwesen und gelangen endlich in den Boden, um diesem wieder nützlich zu werden.

Ähnlich wie bei der Kartoffel vollziehen sich der Stoffwechsel und die Stoffwanderung bei allen andern Pflanzen. Mit dem stickstofffreien Nährmateriale bewegen sich gleichzeitig die Produkte der Eiweißstoffe (darunter das Asparagin) in den Organen, um daselbst Protoplasma zu bilden. Namentlich der Bast der Pflanzen wird als leitendes Gewebe für den Transport der Eiweißkörper betrachtet.

Bei diesem überaus komplizierten Stoffwechsel beteiligen sich alle Nähr- und Baustoffe. Er erzeugt in seinem Verlauf noch Nebenprodukte, die sich nicht am Aufbau der Pflanzen beteiligen, wie z. B. Gerbstoffe, Farbstoffe, Säuren, flüchtige Öle u. s. w.

4. Atmung der Pflanze.

Assimilation und Stoffwechsel in den Geweben dauern nur so lange, als die Pflanze sich in sauerstoffhaltiger Luft befindet; entzieht man ihr dieselbe, so stirbt sie ab. Die Pflanze bedarf wie das Tier zum Leben der beständigen Aufnahme von Sauerstoff in die Gewebe, wo derselbe Oxydationen der assimilierten Stoffe hervorruft und Kohlensäure bildet, welche fortwährend ausgehaucht wird. Die wachsende Pflanze vollzieht also einen wirklichen Atmungsprozeß: Aufnahme von Sauerstoff, Abgabe von Kohlensäure. Derselbe ist ein Oxydationsprozeß im Gegensatz zu der Assimilation, die ein Reduktionsprozeß ist.

Die Luft (Sauerstoff) tritt in die Spaltöffnungen und verbreitet sich von dort aus in alle Gefäße, überall eine Störung des Gleichgewichtes und Umwandelung der Säfte hervorrufend und dadurch den Stoffwechsel befördernd. Je lebhafter die Atmung, um so lebhafter ist auch der Stoffwechsel. Atmung findet vorzugsweise statt bei der im Dunkeln weilenden Pflanze (also des Nachts); im Lichte (bei Tage) tritt die Assimilation in den Vordergrund, die Atmung dagegen zurück.

Da die Kohlensäure ausgehaucht wird, so führt die Atmung bei der Pflanze ebenso wie bei dem Tiere einen Verlust an assimilierter Substanz herbei, der allerdings weit geringer ist als die Menge der durch Assimilation zugeführten. Nur bei Pflanzen, die im Dunkeln sich entwickeln, z. B. bei keimenden Samen, tritt das Gegenteil ein. Da sie nicht assimilieren können (weil das Licht fehlt), atmen sie nur, geben also fortwährend Kohlensäure (und Wasser) aus; sie leben auf Kosten des aufgespeicherten Reservestoffes so lange, bis dieser aufgezehrt ist.

Die Atmung ist also eine Verbrennung, und es muß bei derselben Wärme frei werden. Dieselbe ist meist nicht wahrnehmbar, da sie in geringer Menge entwickelt wird, durch Verteilung und Abgabe verschwindet. Nur bei keimendem Samen wird sie bemerkbar. (Keimen der Gerste bei der Malzbereitung siehe oben.)

II. Bewegung des Wassers und der Gase in der Pflanze.

Das Wasser ist zur Ernährung der Pflanze unbedingt erforderlich. Es liefert den Wasserstoff zur Erzeugung der Kohlehydrate und anderer Verbindungen, es lagert sich allen festen Teilen ein, es bildet den Saft und ist das Transportmittel für alle Erzeugnisse des Stoffwechsels.

Läßt man eine Zwiebel oder Kartoffel keimen, so werden ihre Teile in demselben Maße schlaffer, runzlig, welk und trocken, als der Keim sich ausbildet. Das Wasser verschwindet aus dem Samen und wird verbraucht für den Keim. Erhält es der letztere mit dem Verschwinden der Reservestoffe nicht mehr in ausreichendem Maße, so muß auch er welk werden und zu Grunde gehen. Pflanzt man aber die gekeimte Knolle in die feuchte Erde, so nimmt sie aus ihrer Umgebung Wasser auf, und der Keim entwickelt sich weiter. Die Wasserbewegung ist die Folge einer Gleichgewichtsstörung in den Zellen, und auch diese hat als Ursache zunächst

1. die endosmotische Kraft. Am Vegetationspunkt des wachsenden Triebes entsteht Zelle an Zelle. Jeder neuen Zelle wird im Safte durch das Wasser Nahrungsstoff zugeführt; sie verbraucht einen Teil zur Bildung ihrer Zellhaut und anderer Stoffe; der ganze Saftraum dehnt sich aus. Diese Zelle bezieht ihren Zellsaft aus den Nachbarzellen; sie wird zum Anziehungspunkte für deren Wasser, ändert also die Konzentration; hierdurch wird das Gleichgewicht gestört, und so geht der Prozeß weiter in die rückwärts gelegenen Zellen. Diese Gleichgewichtsstörung läuft bei der wachsenden Pflanze von der Knospe zum Stengel, zur Wurzel und deren Ausläufern; von der letzteren überträgt sie sich auf die Capillarröhren des Bodens: Fortbewegung des Wassers aus diesen nach der Pflanze ist die Folge. Entsprechend dem Wachstum geht auch diese Wasserbewegung nur langsam vor sich, auch bestimmt sich ihre Richtung nach der gegenseitigen Lage der wachsenden Organe.

Die endosmotische Kraft wirkt zwar vorzugsweise, indes sie würde allein nicht ausreichen, den Saftstrom ununterbrochen bis in die äußersten Spitzen der Bäume (30 m und mehr) entgegen der Schwere emporzuheben. Sie wird unterstützt durch

2. die Verdunstung oder Transpiration. Die ganze Oberfläche der Pflanze, namentlich aber die flach ausgebreiteten, der Luft und Wärme ausgesetzten Blätter verlieren bedeutende Wassermengen durch Verdunstung. Dieselben müssen ihnen von unten her durch die Wurzeln zugeführt werden; denn es ist erwiesen, daß die Blätter weder Tau noch Regen in bemerkenswerter Weise direkt aufnehmen.

Das Wasser entweicht zunächst aus der Zellhaut der Gewebe. Da es sogleich aus dem Zellsaft wieder ersetzt wird, so muß dieser sich aus dem Saft der Nachbarzellen ergänzen, also muß Ansaugung nach rückwärts eintreten u. s. f. Aber auch in den Intercellularräumen befindet sich Wasser; dieses wird durch die Spaltöffnungen verdunstet und hierdurch ebenfalls eine Ansaugung hervorgerufen.

Die Verdunstung durch die Blätter ist um so bedeutender, wenn die Wärme größer und die Luft trockner ist. Wird das verlorene Wasser nicht wieder ersetzt, so welken und erschlaffen die Teile, tritt dagegen wieder Ersatz ein, wie z. B. bei einem Regen, bei Tau, so werden welkende Pflanzenteile wieder straff und frisch.

Bei den Bäumen wird durch die Verdunstung eine lebhaftere Strömung nur im Holzkörper der Gefäßbündel beobachtet. Dieselbe ist bei den Laub- und Nadelhölzern ein zusammenhängender Strom, der sich allmählich in die Äste und Zweige, die Nervatur der Blätter bis in die äußersten Spitzen derselben verteilt und das umgekehrte Bild eines entwickelten Flußnetzes darstellt. Diese Strombahn, d. h. der Holzkörper, nimmt zu, wie die Belaubung des Baumes, also die Verdunstung bedeutender wird. Da nun die Gefäßbündel der Bäume im Sommer zur Zeit der stärksten Transpiration mit Luft erfüllt sind, so kann das Wasser nicht auf endos-

motischem Wege in den Höhlungen sich bewegen, sondern es muß hier noch eine Capillarbewegung vorhanden sein, welche es in den Kanälen der Zellenwände oder an deren Innenwand emporhebt.

Wird ein jüngerer Zweig abgeschnitten und in Wasser gestellt, so vertrocknet er vollständig; seine Leitungsfähigkeit für Wasser hat sich an der Schnittfläche in Berührung mit Luft rasch bedeutend verringert. Schneidet man den Zweig unter Wasser ab und läßt ihn darin, so werden die oberen Teile wieder straff und frisch, er hat seine Leitungsfähigkeit behalten.

3. Der Wurzeldruck. Durch Versuche läßt sich zeigen, daß ein Druck von der Wurzel ausgeht, welcher den Saft in die Pflanzenteile aufwärts treibt und eine Größe von 1 Atmosphäre und darüber erreicht. Wird der wachsende Stamm einer Pflanze (z. B. Weinstock, Ahorn, Birke, Sonnenrose ꝛc.) über der Erde abgeschnitten, so fließt aus der Schnittfläche eine reichliche Menge Wasser aus. Diese Erscheinung beobachtet man im Frühjahr an abgeschnittenen Reben ꝛc. und wird Blutung genannt. Die Wurzelzellen befördern das Wasser nach oben; sie pressen es durch die Zellwände des Gewebes, füllen die Zellen prall an, und so gelangt dasselbe dann bis in die obersten Teile, um hier zuweilen sogar (bei geringer Transpiration) in Tropfen an den Spitzen der Blätter hervorzubringen (z. B. bei Gräsern, am gemeinen Sinau (Alchemilla vulg.), wo man sie an den Blattzähnen jeden Morgen beobachten kann). Der Wurzeldruck ist besonders stark im Frühjahr bei schwacher Belaubung; er wird geringer, sobald die Transpiration sich erhöht. Das emporgepreßte Wasser enthält Mineralsalze und Spuren organischer Verbindungen in Lösung.

III. Wachstum der Pflanze.

Durch die in der Pflanze selbst liegenden Kräfte erfolgt ihr Wachstum, sobald die Ernährung gewährleistet ist und die notwendigen physikalischen Bedingungen, namentlich Wärme und Licht, vorhanden sind. Das Wachstum äußert sich in einer bleibenden Volumenzunahme und in eigentümlicher Gestaltung ihrer Organe, hervorgebracht durch Einlagerung assimilierter, neuer, fester Teile und Wasser in die Zelle.

Wurzel und Sproß erzeugen am Vegetationspunkte im Urgewebe neue Zellen, welche sich vergrößern, bis sie allmählich ausgewachsen sind.

An ihnen lassen sich 3 Wachstums-Regionen unterscheiden: der Vegetationskegel, wo neue Zellen entstehen; unterhalb desselben eine Region, in welcher sich die vorhandenen Zellen besonders nach der Länge strecken oder wachsen; endlich die älteren, ausgewachsenen Zellen des Organes. Jede dieser Regionen geht allmählich aus dem Stadium der Zellbildung in das der Streckung und definitiven Größe über. Die Schnelligkeit, mit welcher dies erfolgt, ist verschieden bei den einzelnen Pflanzenarten, auch von äußeren Einflüssen abhängig. Unter der Voraussetzung, daß die letzteren konstant sind, zeigt sich, daß das Längenwachstum des wachsenden Gliedes oder einer Zone desselben erst langsam beginnt, dann schneller wird, eine gewisse Höhe erreicht, dann sich wieder verlangsamt und zum Stillstande kommt. Man nennt diese Regelmäßigkeit im Wachstum die große Periode zum Unterschiede von sonstigen Schwankungen.

Während ausgewachsene Pflanzenteile biegsam und elastisch sind, zeigen wachsende diese Elastizität nicht, erhalten vielmehr durch äußere Einwirkungen leicht bleibende Krümmungen. Das Gewebe in der Pflanze steht unter dem Druck des Zellinhaltes auf die Zellwand (Turgor), es ist von Wasser durchtränkt (imbibiert), es erleidet durch das Wachstum eine Volumen- und Gestaltsänderung nach Länge und Umfang.

Hierdurch müssen notwendiger Weise Spannungen im Innern der Pflanzen entstehen, von welchen die Elastizität die Folge ist.

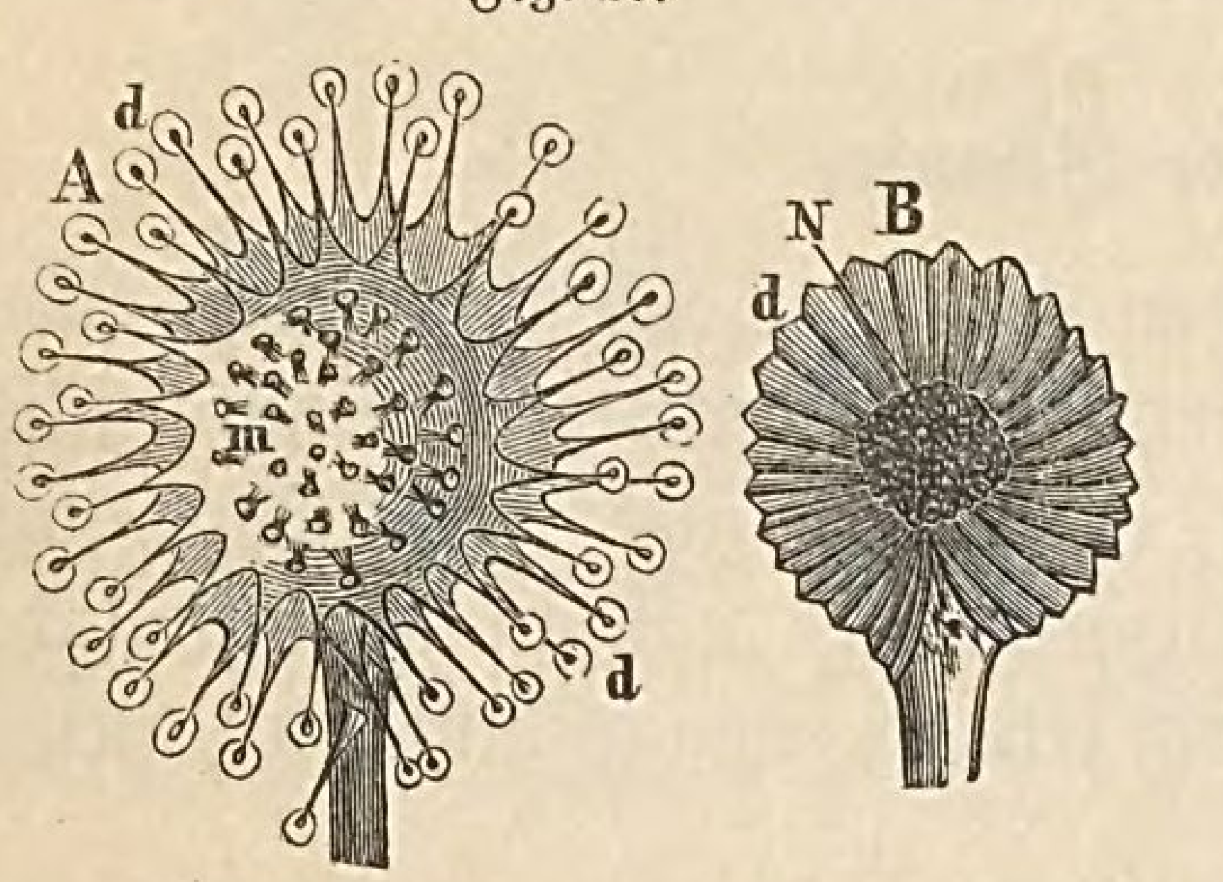
Auf das Wachstum wirken auch noch äußere Kräfte verändernd, wie: Schwerkraft, Wärme, Licht, äußerer Druck oder Reiz u. s. w.; diese Kräfte bewirken teils bleibende, teils vorübergehende Veränderungen.

Die Schwerkraft bewirkt, daß die Stengel und Stämme meist gerade aufwärts, die Wurzeln abwärts in der Richtung des Erdradius wachsen.

Die meisten Pflanzen vermögen nur bei gewisser Temperatur zu wachsen, welche im allgemeinen zwischen 0—50° liegt; niedere Pflanzen (z. B. Algen, Pilze) ertragen große Kälte und höhere Wärme, ohne zu Grunde zu gehen. Trockne Pflanzenteile (Samen) sind gegen Kälte und Wärme unempfindlicher als nasse, daher saftige Pflanzen sehr leicht erfrieren (vergl. oben). Der große Einfluß des Lichtes hinsichtlich der Chlorophyllbildung und Assimilation ist bereits erörtert.

Manche Pflanzen führen im ausgewachsenen Zustande Bewegungen aus, die man als Reizbewegungen zusammenfaßt. Die Fiederblättchen der Sinnpflanze (Mimosa pudica) legen sich am Abende aufwärts zusammen, der Blattstiel wird nach abwärts zurückgeschlagen. Ähnliches erfolgt bei den Blättchen des Sauerklees (Oxalis Acetosella). Rasches Stoßen eines Zweiges von Robinia Pseudacacia, Berberis, Centaurea hat eine Krümmung der Fiederblättchen bei ersterer, eine Biegung und Neigung der Staubfäden bei letzteren zur Folge. Die haarförmigen, in drüsige Köpfchen endigenden Anhängsel des Blattes von Drosera rotundifolia krümmen sich bei Berührung, so daß alle Drüsen in der Blattmitte stehen. Fig. 40. Kleine Insekten, welche auf die Blätter kommen, werden hierdurch nach innen bewegt und daselbst durch den klebrigen Saft festgehalten, welcher nunmehr die stickstoffhaltigen Bestandteile löst und in die Pflanze führt. (Insektenfressende Pflanze.)

Fig. 40.



Blatt von Drosera rotundifolia.
A im ausgebreiteten Zustande, d die Anhängsel des Randes, m kurzgestielte Drüsen. B durch Berührung des Insektes N sind die Anhängsel alle einwärts gekrümmt.

Die Schlingpflanzen führen kreisförmige, schraubige Bewegungen durch ungleichseitiges Wachstum aus, welche man Nutationen nennt.

Die ganze Lebensthätigkeit der Pflanze beruht also auf derjenigen der **Zelle**: in ihrem Leben spiegelt sich das ganze Pflanzenleben. Die Gesamtthätigkeit der lebenden Zelle, hervorgerufen durch in ihr liegende und durch äußere Kräfte, läßt sich in ihrer allgemeinsten Form als Bewegung, als fortwährende Störung des Gleichgewichtes erkennen.

Das Wesen des organisierten Gebildes liegt eben darin, daß es aus sich heraus zu beständigen, inneren Veränderungen fähig ist, daß hierdurch immer nur ein Teil der Kräfte ins Gleichgewicht kommt, ein anderer immer neue Störungen verursacht.

Und diese wunderbare, unerklärbare Eigenschaft gipfelt in dem Protoplasma, das aus sich heraus beweglich ist und eines äußern Anstoßes nicht bedarf, das eben mit Leben begabt ist. Das lebende Protoplasma ist der eigentliche Elementar-Organismus im Dienste der Erhaltung des einzelnen Lebewesens und der gesamten Lebewelt, es ist „Künstler, Werkzeug und plastischer Stoff zugleich."

Alphabetisches Register.

Gedruckt in Kroll's Buchdruckerei, Berlin S., Sebastianstraße 76.

Druck von Kroll's Buchdruckerei, Berlin S., Sebastianstraße 76.

Zwick, Hermann,

Lehrbuch für den Unterricht in der Botanik Nach methodischen Grundsätzen in 3 Kursen f. höhere Lehranstalten

Bd.: 3

1891